



**Tânia Catarina  
Rodrigues Silva**

**Estudo de resinas alternativas em tintas decorativas**



**Tânia Catarina  
Rodrigues Silva**

## **Estudo de resinas alternativas em tintas decorativas**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, realizada sob a orientação científica do Eng. Vasco Amílcar Lopes, Engenheiro Químico responsável pelo departamento de I&D – Revestimentos Decorativos da CIN e pela Doutora Ana Luísa Daniel da Silva, Investigadora Auxiliar do Instituto de Materiais de Aveiro – (CICECO) e do departamento de Química da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, irmão e Cláudio, pelo incansável apoio.

## **o júri**

presidente

**Doutora Maria Inês Purcell de Portugal Branco**  
Professora auxiliar do Departamento de Química da universidade de Aveiro

**Eng. Vasco Amílcar Araújo Lopes**  
Engenheiro Químico responsável pelo Departamento de I&D – Revestimentos Decorativos da CIN.

**Doutora Márcia Neves**  
Investigadora de Pós-Doutoramento do CICECO e Departamento de Química.

## **agradecimentos**

A realização deste trabalho só foi possível graças à ajuda e companheirismo de excelentes profissionais com quem aprendi imenso nos últimos meses na CIN e por isso o meu mais sincero obrigado.

Em especial, gostaria de agradecer ao Eng.Vasco Lopes e à Eng<sup>a</sup>.Filomena Braga por toda a atenção e orientação que me deram ao longo deste trabalho. Não posso esquecer todos os companheiros de laboratório com quem tive o privilégio de privar nos últimos meses e que muito contribuíram para que me sentisse acolhida.

Gostaria de agradecer à Doutora Ana Luísa Silva por toda a orientação académica deste projeto.

À minha fiel companheira desta jornada, do princípio ao fim, colega de quarto e de mil e uma aventuras em Aveiro e Tarragona, Rita Bernardes, o meu especial obrigado por tudo. A todos os meus companheiros desta jornada que termina, que sempre me apoiaram e ajudaram, em especial à Sara Santos, prima do coração que se tornou numa das pessoas mais importantes que Aveiro me deu, à Vanessa Silva e os meninos Fábio Silva e João Campos, o meu muito obrigado.

Como não podia deixar de ser, um agradecimento cheio de ternura aos meus avós que eu espero que se sintam orgulhosos da neta.

E por fim, mas muito importante, o meu obrigado aos meus pais e irmão, por todos os sacrifícios para que este meu projeto de vida fosse possível e ao Cláudio por todo o carinho e amor ao longo deste percurso.

## **palavras-chave**

Resinas acrílicas, tintas aquosas, pinturas para fachadas, tintas elastoméricas.

## **resumo**

Uma tinta para fachadas tem como principal função impedir a entrada de água através da superfície exposta. É igualmente importante que a tinta apresente um comportamento suficientemente elástico para acompanhar as alterações no substrato, provocadas pela temperatura e pela humidade. A resina, ligante, é o componente mais importante da tinta e assume um papel crucial nas propriedades desta. Perante isto, desenvolveu-se o presente estudo em cooperação com o Departamento de I&D da CIN – Corporação Industrial do Norte, S.A, tendo como principal objetivo o estudo da incorporação de resinas alternativas em tintas decorativas.

Neste trabalho foi estudada a substituição da resina presente em diferentes tintas, por duas resinas, a resina A e a resina B, e efetuados os ensaios comparativamente à tinta padrão.

Numa primeira fase as formulações de tinta foram caracterizadas seguindo uma lista de ensaios típicos para uma tinta de exterior dos quais se destacam pela sua importância na caracterização deste tipo de tinta, a medida da viscosidade, o teste de resistência às cinzas, o índice de brancura e de amarelecimento e a fissuração Mudcracking, entre outros. Posteriormente foram enviadas amostras de tinta para um laboratório externo para a realização de ensaios complementares como a absorção de água cíclica e ensaios mecânicos para a determinação do alongamento à rutura e resistência à tração. Finalmente foram efetuados ensaios de envelhecimento acelerado e envelhecimento natural que, por terem um período de exposição mais longo, requerem mais tempo para uma decisão final.

A análise dos resultados obtidos permite, numa primeira abordagem, concluir que a resina A é aquela que permite obter tintas com características muito semelhantes às das tintas padrão. Esta conclusão terá que ser reavaliada após conhecimento dos resultados dos ensaios de envelhecimento natural.

**keywords**

Acrylic Resins, water based coating, painting facades, elastomeric paints.

**abstract**

The main function of a paint for facades is to prevent water from entering through the exposed surface. It is also important that the paint is sufficiently elastic to track changes in the substratum caused by temperature and humidity. The resin, binder, is the most important component of the paint and plays a crucial role in its properties. Thus, the present study was developed in cooperation with the R&D Department at CIN – Corporação Industrial do Norte, S.A, having as main objective the study of the incorporation of alternative resins in decorative paints.

In this work the replacement of the resin present in different paints, for two resins, A and B, was studied, and tests were performed for comparison to the standard paint.

In a first stage the paint formulations were characterized following a number of routine tests for an outdoor paint, namely, the viscosity measurement, the dirt pick-up resistance, the rate of whiteness and yellowness and the Mudcracking, among others. Afterwards paint samples were sent to an external laboratory to carry on further tests, namely regarding the water cycling absorption and the elongation at rupture and tensile strength. Finally accelerated aging and natural aging tests were performed. These tests require larger exposure periods and therefore more time for a final decision is needed.

The analysis of the results allows to conclude that, on a first approach, the resin A yields paints with characteristics very similar to the standard paints. This conclusion will have to be re-evaluated after knowing the results of natural aging tests.

# Índice

Índice.....	i
Índice de figuras .....	iii
Índice de tabelas .....	v
Lista de símbolos e abreviaturas .....	vii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento temático e objetivos .....	1
1.2. Apresentação da CIN – Corporação Industrial do Norte.....	2
2. Revisão bibliográfica.....	5
2.1. História da tinta .....	5
2.2. Noções de tinta .....	6
2.3. Composição de uma tinta .....	6
2.3.1. Pigmentos.....	7
2.3.2. Cargas .....	8
2.3.3. Ligante .....	8
2.3.4. Solvente.....	10
2.3.5. Diluente .....	10
2.3.6. Aditivos.....	10
2.4. Parâmetros .....	11
2.5. Classificação de uma tinta .....	14
2.6. Tinta para fachadas .....	14
2.6.1. Tintas lisas .....	18
2.6.2. Tintas texturadas .....	19
2.6.3. Tintas elastoméricas .....	19
2.7. Formulação de uma tinta .....	20
2.8. Reticulação dos produtos testados .....	21
3. Metodologia Experimental .....	23
3.1. Viscosidade.....	23
3.1. Massa volúmica .....	24
3.2. pH .....	24
3.3. Poder de cobertura .....	25
3.4. Aspeto físico .....	25
3.5. Cor .....	25
3.6. Brilho .....	26



3.7	Índice de brancura e índice de amarelecimento .....	27
3.8	Compatibilidade .....	28
3.9	Estabilidade acelerada.....	28
3.10	Fissuração Mudcracking .....	28
3.11	Temperatura mínima de formação de película .....	29
3.12	Resistência de uma película de tinta às cinzas .....	30
3.13	Resistência à água líquida e amónia .....	30
3.14	Resistência QUV-B.....	31
3.15	Resistência Xénon.....	31
3.16	Resistência exterior .....	32
3.17	Absorção de água cíclica.....	32
3.18	Alongamento à rutura e resistência à tração.....	33
4.	Resultados e Discussão.....	35
4.1.	Membrana A.....	35
4.2.	Membrana B.....	41
4.3.	Tinta texturada F .....	44
4.4.	Membrana H .....	46
5.	Conclusões e perspectivas de trabalho futuro .....	49
	Bibliografia .....	51
	Apêndice .....	55
A.	Resultados dos ensaios para a membrana A. ....	55
B.	Resultados dos ensaios para a membrana B. ....	57
C.	Resultados dos ensaios para a membrana texturada F. ....	59
D.	Resultados dos ensaios para a membrana H. ....	60

## Índice de figuras

Figura 1.1 - Esquema de tarefas do trabalho.....	2
Figura 1.2 - Sede da CIN, Maia. ....	3
Figura 2.1 - Composição de uma tinta.....	7
Figura 2.2 - Pigmentos fluorescentes [10].....	8
Figura 2.3 - Carbonato de Cálcio[12]. ....	8
Figura 2.4 - Fórmulas estruturas dos monómeros (a) acrílicos, (b) estireno, (c) acetato vinílico do ácido versático, (e) copolímero acrílico, (f) copolímero estireno-acrílico.....	9
Figura 2.5 - Amostra de uma resina. ....	10
Figura 2.6 - Curva típica do escoamento de uma tinta. ....	13
Figura 2.7 - Destacamentos de revestimento [16]. ....	15
Figura 2.8 - Empolamentos em tintas de exterior. [17].....	16
Figura 2.9 - Fissuração em fachada [18]. ....	16
Figura 2.10 - Farinação [19].....	17
Figura 2.11 - Eflorescência [16]. ....	17
Figura 2.12 - Descrição do processo de secagem por coalescência.....	21
Figura 3.1 - Viscosímetro Brookfield [24]. ....	23
Figura 3.3 - Sistema de cor CIELab.....	26
Figura 3.4 - Medidor de brilho [26]. ....	27
Figura 3.5 - Exemplo de amarelecimento de uma tinta [16]. ....	28
Figura 3.6 - Película de tinta com fissurações e empolamentos [16]. ....	29
Figura 3.7 - Equipamento de determinação de TMFP [25]. ....	29
Figura 3.8 - Exemplo de resistência às cinzas [16].....	30
Figura 3.9 - Película de tinta depois de sujeita a um ensaio de resistência à água líquida e amónia. ....	30
Figura 3.10 - Equipamento de QUV-B [27]. ....	31
Figura 3.11 - Equipamento para o ensaio de resistência Xénon [27]. ....	32
Figura 3.12 - Ensaio de exposição exterior [27]. ....	32
Figura 3.13 - Ensaio de absorção de água cíclica [28].....	33
Figura 3.14 - Ensaio de tração para determinação do alongamento à rutura e da resistência à tração [29].....	33
Figura 4.1 - Resultados relevantes para a membrana A em base P. ....	36
Figura 4.2 - Resultados relevantes para a membrana A em base TR. ....	36
Figura 4.3 - Resultados dos ensaios de estabilidade para a membrana A, base P. ....	37
Figura 4.4 - Resultados dos ensaios de estabilidade para a membrana A, base TR. ....	37
Figura 4.5 - Alongamento à rutura na membrana A em base P e em base TR. ....	38
Figura 4.6 - Resistência à tração na membrana A em base P e em base TR. ....	38
Figura 4.7 - Absorção de água cíclica na membrana A em base P e em base TR. ....	39
Figura 4.8 - Ensaio QUV-B para a membrana A, base P. ....	40
Figura 4.9 - Resistência Xénon para a membrana A, base P. ....	40
Figura 4.10 - Resultados relevantes para a membrana B em base P. ....	41
Figura 4.11 - Resultados relevantes para a membrana B em base TR. ....	41
Figura 4.12 - Alongamento à rutura na membrana B em base P e em base TR.....	42
Figura 4.13 - Resistência à tração na membrana B em base P e em base TR. ....	43
Figura 4.14 - Absorção de água líquida na membrana B em base Pastel e em base TR. ....	43
Figura 4.15 - Resultados relevantes para a membrana texturada F em base P. ....	44

Figura 4.16 - Resultados relevantes para a membrana texturada F em base TR. ....	45
Figura 4.17 - Resultados dos ensaios em estabilidade para a membrana texturada F, base P. ....	45
Figura 4.18 - Resultados dos ensaios em estabilidade para a membrana texturada F, base TR. ....	46
Figura 4.19 - Resultados relevantes para a membrana H em base P. ....	47
Figura 4.20 - Resultados relevantes para a membrana H em base TR. ....	47
Figura 4.21 - Resultados dos ensaios em estabilidade para a membrana H, base P. ....	48
Figura 4.22 - Resultados dos ensaios em estabilidade para a membrana H, base TR. ....	48

## Índice de tabelas

Tabela 2.3-1 - Aditivos e a sua função. ....	11
Tabela A-1 - Ensaio para a membrana A em base P. ....	55
Tabela A-2 - Ensaio para a membrana A em base TR. ....	56
Tabela B-1 - Ensaio para a membrana B em base P. ....	57
Tabela B-2 - Ensaio para a membrana B em base TR. ....	58
Tabela C-1 - Ensaio para a membrana texturada em base P. ....	59
Tabela C-2 - Ensaio para a membrana texturada F em base TR. ....	59
Tabela D-1 - Ensaio para a membrana H em base P. ....	60
Tabela D-2 - Ensaio para a membrana H em base TR. ....	61



## Lista de símbolos e abreviaturas

CIE – Commission Internationale de l'éclairage

CIN – Corporação Industrial do Norte,S.A.

COV – Compostos orgânicos voláteis

CPVC – Concentração crítica de pigmentos em volume %

KU – Unidades de Krebs UK

NP – Norma Portuguesa

P – Base pastel

PVC – Concentração de pigmentos em volume %

Tg – Temperatura de transição vítrea °C

TMFP – Temperatura mínima de formação de película °C

TR – Base transparente

UV – Ultravioleta

WI – Índice de brancura (Whiteness Index) %

YI – Índice de amarelecimento (Yellowness Index) %

$\Delta E$  – Diferença de cor



# **1. Introdução**

## **1.1. Enquadramento temático e objetivos**

Uma tinta é constituída por pigmentos, cargas, resinas, solventes, diluentes e aditivos. Quando se produzem enormes quantidades de tinta com um determinado tipo de resina, que poderá ter outras aplicações no mercado que não unicamente a de produção de tintas, poder-se-á chegar a um ponto em que a procura da resina é maior que a oferta. Dado que as resinas são um dos componentes mais importantes na formulação de tintas, é importante garantir a existência de alternativas válidas, disponíveis para a substituição da resina utilizada atualmente na eventualidade de uma rutura de mercado.

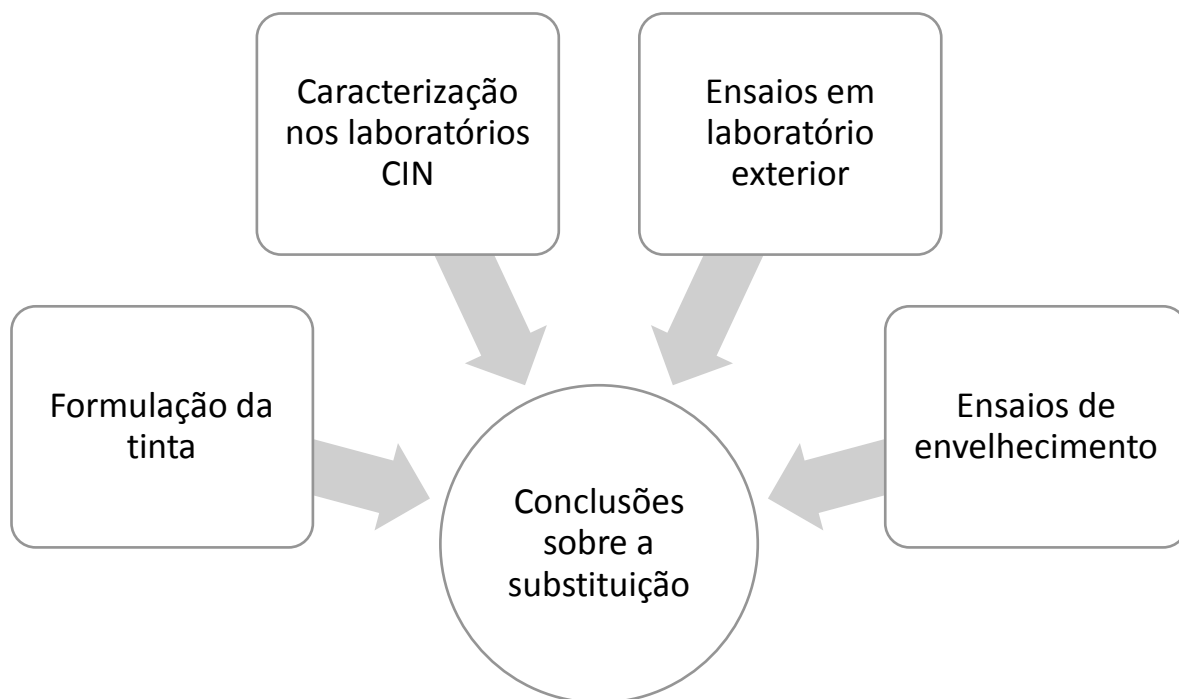
Com a identificação deste problema, surge então a necessidade de efetuar estudos preliminares para averiguar se é possível substituir a resina existente na formulação original.

Este trabalho teve como principal objetivo estudar a substituição de resinas utilizadas em tintas decorativas por resinas alternativas.

Primeiramente foi efetuado um estudo para determinar, no mercado, quais seriam as resinas alternativas com características similares à da resina utilizada atualmente. Selecionaram-se duas resinas com características de fabrico similares à da resina utilizada. Seguiu-se então a preparação de tintas decorativas contendo as resinas alternativas e a realização de ensaios de caracterização das tintas preparadas.

O trabalho na empresa dividiu-se em três fases. Numa primeira fase foram realizados ensaios nos laboratórios de investigação e desenvolvimento da CIN, de modo a caracterizar a tinta para saber se numa fase experimental, conseguiríamos substituir a resina já utilizada na formulação. Numa segunda fase, as formulações selecionadas das tintas foram enviadas para um laboratório externo de modo a serem realizados ensaios adicionais que conseguissem corroborar os resultados até então obtidos. Por fim, as tintas foram testadas quanto ao seu envelhecimento natural, ensaios ainda a decorrer. De salientar que, apenas após o conhecimento dos resultados destes ensaios, será possível afirmar se estamos perante uma alternativa viável ou não.





*Figura 1.1 - Esquema de tarefas do trabalho.*

## **1.2. Apresentação da CIN – Corporação Industrial do Norte**

O grupo CIN é considerado uma referência no mercado das tintas e vernizes, operando em várias regiões do mundo através das suas unidades produtivas, centros de distribuição e centros de I&D. É líder do mercado nacional desde 1992 e do mercado ibérico desde 1995. Criada em 1926, é a única empresa portuguesa do sector pertencente ao Conselho Europeu de Fabricantes de Tintas (CEPE).

A CIN tem como atividade principal a produção e comercialização de tintas, vernizes e produtos afins. Dedica a sua atividade a distintos segmentos de mercado: Decorativos, Indústria, Proteção Anticorrosiva e Acessórios [1].

As instalações da sede encontram-se na Maia onde se encontra o Centro de Investigação e Desenvolvimento onde foi realizado o trabalho.



*Figura 1.2 - Sede da CIN, Maia.*

A CIN apresenta unidades fabris em Portugal, Espanha, França, Angola e Moçambique, sendo detentora de uma rede de lojas próprias, franchisados, concessionados e revendedores autorizados, permitindo a distribuição dos seus produtos na Península Ibérica.

Segundo a prestigiada Coatings World Magazine de 2014, a CIN ocupa o 53º lugar no ranking mundial de produtores de tintas e vernizes [2].



## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1. História da tinta**

As tintas são utilizadas desde a pré-história. Geralmente, em todos os lugares onde houveram ocupações humanas pré-históricas, é possível encontrar pinturas rupestres. Nesta altura, os pigmentos eram aproveitados como meio de comunicação e eram constituídos por terras ou argilas suspensas em água. No entanto, como esta mistura se decompunha rapidamente, o Homem, começou a utilizar outros produtos naturais como as gorduras de animais, resinas entre outros [3].

A atividade de produção de tintas apareceu com a necessidade de proteger os materiais produzidos pelos primeiros artífices e comerciantes. É nos meados dos séculos XVIII e XIX que se estabelecem as primeiras fábricas de vernizes, pigmentos e tintas que, embora funcionassem com um equipamento muito primitivo, conseguiram avanços muito significativos na quantidade de produtos disponíveis para o mercado.

A revolução industrial foi o que maior pressão exerceu para o desenvolvimento de tintas e vernizes, conduzindo ao aparecimento de uma quantidade enorme de maquinaria e estruturas de ferro com necessidade de proteção contra a corrosão e consequentemente levando ao estudo de tintas de qualidade que pudessem ser produzidas na quantidade requerida pela procura existente [4].

A indústria de tintas investiu fortemente na investigação e desenvolvimento de produtos que irão causar um menor impacto no ambiente e consequentemente na saúde humana e por isso o teor de solventes utilizados nas tintas foi altamente reduzido. Geralmente são utilizadas tintas de base aquosa em substituição das tintas de base solventes. Com o decorrer das décadas, as formulações das tintas tornaram-se mais complexas e hoje em dia os revestimentos são utilizados não só para proteção e embelezamento dos substratos mas também para conferir-lhes propriedades funcionais como propriedades isoladoras, condutoras e refletoras, antiderrapantes, entre outras [3].

Durante muito tempo os edifícios eram pintados somente por razões estéticas mas com o decorrer dos tempos foi sendo tomada a consciência de que era essencial proteger as fachadas contra diversos fatores que provocam e aceleram a sua degradação.

Também a indústria de tintas investiu fortemente na investigação e desenvolvimento de produtos com um menor impacto ambiental e as tintas de base aquosa são as mais utilizadas em substituição das de tintas de base solvente [3].

## **2.2. Noções de tinta**

De um modo geral, a tinta é uma composição pigmentada que pode ser líquida, ou pastosa e que, quando aplicada sob a forma de uma camada fina numa superfície apropriada, no estado em que é fornecida ou após diluição, esta forma uma película sólida, contínua, corada e opaca [3]. A aplicação de tintas sobre as superfícies tem diversas finalidades como decoração, proteção, higiene, entre outras.

Uma tinta deve ter uma viscosidade suficientemente alta para que não escorra no substrato mas ao mesmo tempo uma viscosidade suficientemente baixa para que seja de fácil aplicação [5].

## **2.3. Composição de uma tinta**

Essencialmente, a tinta é constituída por pigmentos, cargas, resinas, aditivos e solventes. Os constituintes e as respetivas proporções dependem da qualidade e da finalidade da tinta bem como de fatores económicos [3].

Os principais componentes de uma tinta incluem o extrato seco, constituído por pigmentos, cargas, veículo fixo (ligante) e aditivos, e o veículo volátil, constituído pelos solventes e diluentes. No extrato seco, os pigmentos e as cargas correspondem aos constituintes sólidos que se pretende que a tinta consiga fixar no substrato a aplicar. Por outro lado, o veículo fixo, que também é designado de ligante ou resina, tem a função de assegurar a coesão da tinta e estabelecer a ligação entre os pigmentos. No caso de se tratar de uma tinta de base aquosa, a parte líquida é constituída essencialmente por água e no caso de se tratar de base solvente, é constituída por solventes orgânicos [6].

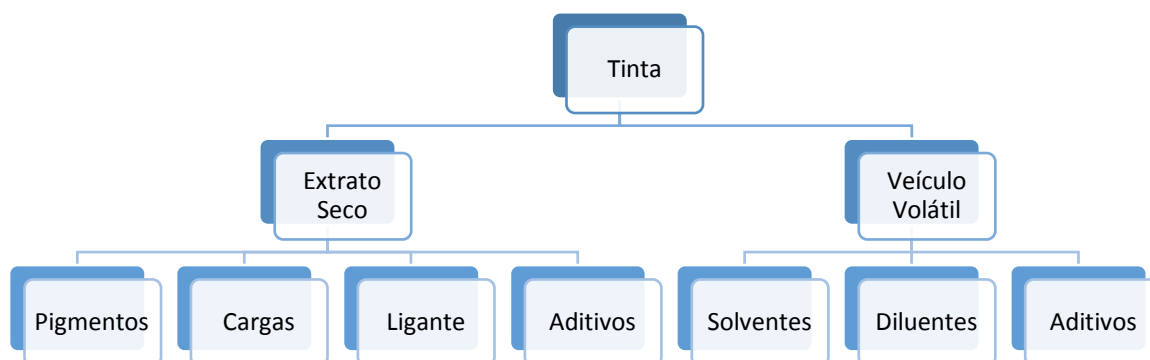


Figura 2.1 - Composição de uma tinta.

### 2.3.1. Pigmentos

De acordo com a norma portuguesa, NP 41 [7], os pigmentos são substâncias sólidas e praticamente insolúveis no veículo que são utilizadas para conferir opacidade e cor à tinta [3].

As características dos pigmentos devem-se à combinação de dois efeitos, a absorção e difração da luz visível. Geralmente, a absorção da luz determina a cor do pigmento enquanto a opacidade resulta da sua difração. A cor de um pigmento é influenciada pela sua estrutura química enquanto a opacidade é essencialmente influenciada pelo índice de refração [8].

Os pigmentos podem ser distinguidos segundo a sua síntese (natural ou sintético) e segundo as características do composto constituinte (orgânica ou inorgânica). Um dos pigmentos mais utilizado na indústria de tintas é o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), um pigmento inorgânico que proporciona uma brancura excecional ao dispersar a luz.

Os pigmentos têm como características essenciais o poder corante, a sua facilidade de dispersão, devem ter resistência à luz, e ainda podem apresentar propriedades anticorrosivas [6] [9].



*Figura 2.2 - Pigmentos fluorescentes [10].*

### **2.3.2. Cargas**

As cargas são substâncias inorgânicas que têm a forma de partículas mais ou menos finas, com um fraco poder de cobertura e insolúveis no veículo, que são empregues com o fim de modificar determinadas propriedades tais como a permeabilidade da película seca, resistência química, o brilho, a viscosidade entre outras [3] [11].

Como exemplo de cargas utilizadas no fabrico de tintas temos o carbonato de cálcio (Figura 2.3), o talco e o caulino.



*Figura 2.3 - Carbonato de Cálcio[12].*

### **2.3.3. Ligante**

O ligante, também designado de veículo ou resina, é composto polimérico e o componente mais importante da tinta. É responsável pela formação de película, pela aderência à base, pela resistência química, mecânica e resistência à intempérie [3].

A formação do filme de tinta está relacionada com o mecanismo de reações químicas do sistema polimérico.

Existem ligantes com diferente composição química entre os quais os copolímeros acrílicos puros, os copolímeros estireno-acrílico e os copolímeros vinílicos (Figura 2.4).

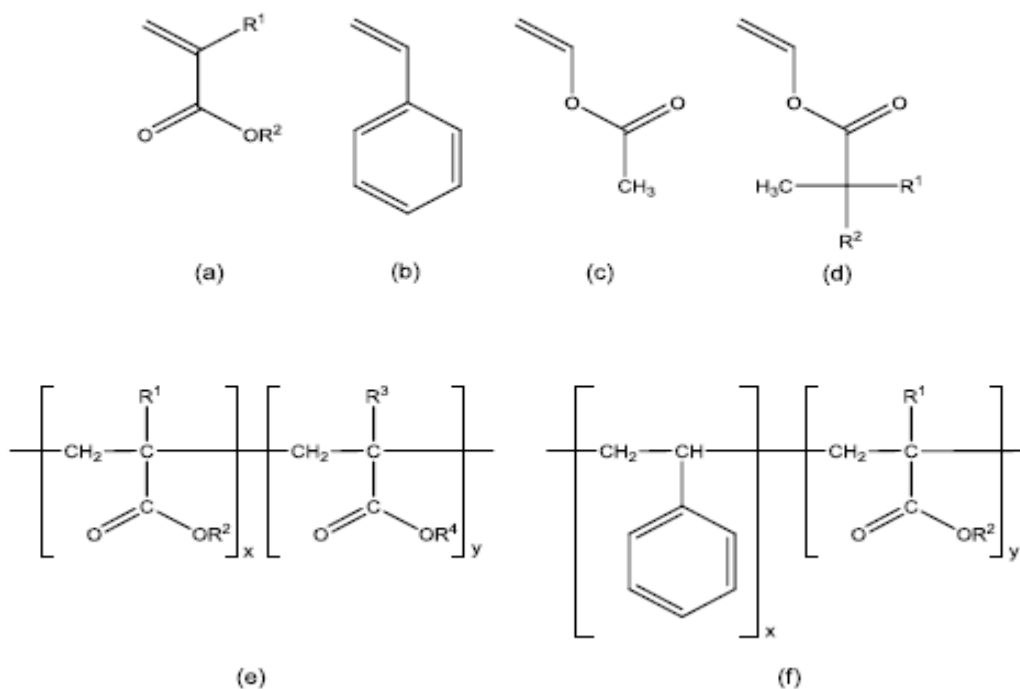


Figura 2.4 - Fórmulas estruturais dos monómeros (a) acrílicos, (b) estireno, (c) acetato vinílico do ácido versático, (e) copolímero acrílico, (f) copolímero estireno-acrílico.

Os ligantes compostos por copolímeros acrílicos apresentam uma elevada resistência à radiação UV, à água e à alcalinidade.

Os ligantes compostos por copolímeros estireno-acrílicos são resistentes à alcalinidade e à esfrega húmida embora sejam pouco resistentes à radiação UV resultando assim no amarelecimento do revestimento ao longo do tempo.

Os copolímeros vinílicos têm boa resistência à alcalinidade e aos raios UV.





*Figura 2.5 - Amostra de uma resina.*

#### **2.3.4. Solvente**

O solvente é um líquido volátil que é capaz de dissolver a resina e geralmente tem um baixo ponto de ebulição [3]. Os solventes são introduzidos de forma a diminuir a viscosidade das tintas durante o processo de fabrico e armazenagem.

A quantidade de solventes presentes na formulação determina o teor de compostos orgânicos voláteis (COV) expressa em gramas por litro, na formulação do produto para consumo [6].

As tintas de base aquosa utilizam a água como principal solvente enquanto que as tintas de base solvente utilizam mais comumente os derivados do petróleo (alifáticos), aromáticos, álcoois, ésteres e acetona.

#### **2.3.5. Diluente**

O diluente é um líquido volátil, parcial ou totalmente miscível com o veículo, que quando adicionado durante o processo de fabrico ou no momento de aplicação reduz a viscosidade [3].

#### **2.3.6. Aditivos**

Os aditivos são produtos solúveis nos veículos adicionados em pequenas quantidades que se destinam a alterar acentuadamente determinadas características. Os aditivos são agrupados pela função que cumprem na tinta e são exemplificados na tabela 2.3-1 [6].

Tabela 2.3-1 - Aditivos e a sua função.

Aditivo	Função
Bactericidas	Impedir o desenvolvimento de bactérias causadoras de putrefação das tintas plásticas em fase líquida (durante o armazenamento).
Fungicida	Impedir o desenvolvimento de fungos na película seca.
Espessante	Provocar um aumento da viscosidade (consistência).
Molhante	Diminuir a tensão interfacial entre a fase sólida (pigmentos e cargas) e a fase líquida (veículo).
Dispersante	Facilitar a dispersão dos pigmentos e cargas no veículo e prevenir a sua aglomeração.
Anti-Sedimentante	Impedir a formação de sedimento (depósito) duro e não homogeneizável no fundo da embalagem.
Anti-espuma	Diminuir ou evitar a formação de espumas indesejáveis durante o processamento e aplicação dos produtos.
Coalescente	Diminuir a temperatura mínima de formação de película (TMFP) de produtos aquosos.

## 2.4. Parâmetros

Uma das principais características que define as propriedades do polímero é a temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ). A  $T_g$  é caracterizada como sendo a transição entre o comportamento rígido do material para um comportamento caracterizado pelo amolecimento do material. Para temperaturas inferiores à  $T_g$ , o polímero tem um comportamento mais frágil enquanto para valores superiores à  $T_g$ , os polímeros têm um comportamento do tipo borracha, facilmente deformáveis, devido à existência de movimentos moleculares. Neste caso, as propriedades mecânicas do polímero dependem

essencialmente do grau de reticulação [13]. Isto é, quanto maior o grau de reticulação, mais difícil será a sua rutura e vice-versa.

A temperatura a partir da qual se consegue a formação de uma película sólida é designada de temperatura mínima de formação de película (TMFP), sendo influenciada por vários parâmetros como por exemplo o tamanho das partículas.

Para que se verifique a correta formação de película é necessário garantir que a secagem ocorre a uma temperatura igual ou superior à temperatura mínima de formação de película. Normalmente, esta assume valores inferiores à Tg do polímero devido à presença de solventes e plastificantes, adicionados para promover a formação do filme. Depois do filme formado, usualmente, é desejável que esses solventes e plastificantes sejam eliminados por evaporação para que o filme de tinta adquira dureza e possa cumprir com as propriedades físicas desejadas [13].

Outro parâmetro importante na caracterização de uma tinta é a concentração em volume de pigmentos (PVC, *Pigment Volume Concentration*). O PVC é calculado através da expressão

$$\% PVC = \frac{\text{volume de pigmentos e cargas}}{\text{volume de ligante} + \text{volume de pigmentos e cargas}} \times 100 \quad \text{Equação 2.1}$$

Daqui podemos verificar que quanto maior a quantidade de ligante, menor será o valor de PVC. O PVC crítico (CPVC) corresponde ao PVC ao qual a quantidade de ligante é a mínima necessária para cobrir as cargas e os pigmentos. Acima do CPVC, o revestimento desenvolve poros e o ligante apenas assegura a ligação entre alguns pigmentos e cargas.

São muitas as propriedades que variam drasticamente quando é excedido o PVC crítico como por exemplo, o aumento da porosidade do filme levando ao aumento da permeabilidade à água líquida e da permeabilidade ao vapor de água, assim como o aumento do poder de cobertura. No entanto, aumenta também a possibilidade de ocorrer gizamento.

E por fim, outro dos parâmetros importantes é o perfil reológico de uma tinta. A reologia é a ciência que estuda o escoamento e a deformação de um corpo quando sujeito a uma força externa [9].

As medições de reologia definem algumas propriedades fundamentais dos materiais que podem ser utilizadas para prever e caracterizar o comportamento do produto em estudo. Um revestimento deve ser estável durante o seu armazenamento, fácil de aplicar usando um processo de aplicação adequado e após a sua aplicação deve se formar uma película lisa. [14]

Na figura está representada a relação típica entre a viscosidade de uma tinta e a velocidade de deformação a que está sujeita.

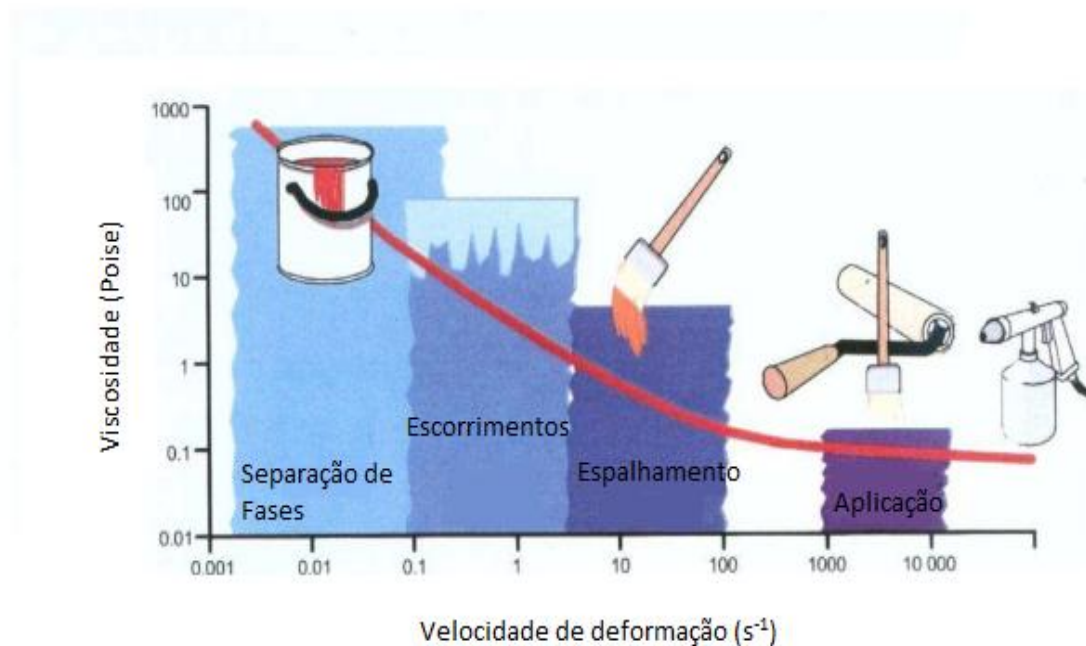


Figura 2.6 - Curva típica do escoamento de uma tinta.

Como se pode verificar, uma tinta deve ter uma alta viscosidade a baixas velocidades de deformação para evitar que haja separação de fases e deve ter uma baixa viscosidade para altas velocidades de deformação para que seja de fácil aplicação.

## **2.5. Classificação de uma tinta**

Uma tinta pode ser classificada quanto à natureza química do solvente, do processo de secagem e de acordo com a natureza química do ligante.

Relativamente à natureza química do solvente, uma tinta pode ser classificada como tinta de base aquosa ou tinta de base solvente. Uma tinta de base aquosa, como o nome indica, utiliza a água como ingrediente primário enquanto uma tinta de base solvente utiliza solventes orgânicos em vez da água.

Em relação ao processo de secagem, este é complexo pois é o ligante (resina) que vai permitir a formação de uma película seca e contínua. Existem dois tipos de secagem, a secagem física e a secagem química. Na secagem física o filme é formado devido à evaporação do solvente, que é o caso das dispersões aquosas de polímeros que formam filme por evaporação da água. Quanto à secagem química, existe uma primeira fase de secagem física onde ocorre a evaporação do solvente, mas a verdadeira cura e formação do filme acontece quando ocorre a reação química entre os seus componentes e o oxigénio presente no ar.

De acordo com a natureza química do ligante, a tinta pode ter algumas das seguintes classificações [15]:

- Acrílicas – resultam da reação entre a polimerização de monómeros acrílicos como o metacrilato de metilo e o acrilato de butilo. Podem ser dissolvidas em solventes orgânicos ou água. As tintas acrílicas apresentam uma maior durabilidade e maior resistência às intempéries, obtendo-se também uma maior resistência ao descascamento.
- Vinílicas – são obtidas pela copolimerização em emulsão de acetato de etilo com monómeros como o cloreto de vinilo. Podem ser dissolvidos em solventes orgânicos ou água. As tintas vinílicas possuem um bom rendimento e boa durabilidade.

## **2.6. Tinta para fachadas**

Para aplicação de tintas para fachadas, na construção civil, os suportes mais utilizados são de natureza mineral que têm várias características em comum, como a alcalinidade, a porosidade, a presença de materiais pulverulentos à superfície.

No entanto, por vezes, não é tido em consideração que a falta de conhecimento das características dos materiais a pintar e dos produtos de pintura, associados a condições ambientais adversas durante a pintura, podem levar ao aparecimento de anomalias no revestimento. Estes defeitos podem surgir por vezes, a curto prazo, durante a aplicação e secagem ou, a longo prazo, devido ao envelhecimento natural da película por ação dos agentes atmosféricos.

Existem anomalias que são detetadas com maior frequência nos revestimentos aplicados nas fachadas exteriores. Entre estas anomalias, destacam-se:

- Alteração de cor: devido à falta de solidez dos pigmentos à luz, à fraca resistência da tinta ao ataque alcalino e à absorção de água;
- Destacamentos e falta de aderência: estes são causados por uma má preparação de substratos pulverulentos e humidade sob a película. Pode também ter origem em eflorescências ou empolamentos, resultando de uma combinação de anomalias;



*Figura 2.7 - Destacamentos de revestimento [16].*

- Empolamento: os empolamentos ocorrem devido ao excesso de água no substrato e pela impermeabilidade da película ao vapor de água. As membranas elásticas ou os revestimentos com baixa permeabilidade ao vapor de água e elevada impermeabilidade à água têm maior tendência de empolamento uma vez que criam uma barreira à saída da humidade [13];



*Figura 2.8 - Empolamentos em tintas de exterior. [17]*

- Fissuração: ocorre devido à má formulação do produto, ou quando aplicada uma espessura elevada ou quando um revestimento duro é aplicado sobre um suporte com variações dimensionais;



*Figura 2.9 - Fissuração em fachada [18].*

- Retenção de sujidade: ocorre principalmente em tintas texturadas (devido à irregularidade da película), em ambientes muito poluídos e áreas pouco expostas à chuva;
- Gizamento (farinação): é causado pela ação da intempérie em tintas com pouco teor de ligantes;



*Figura 2.10 - Farinação [19].*

- Eflorescências: consiste na cristalização de sais existentes nos materiais de construção, conduzidos pela humidade até à superfície quando o substrato seca. [20].



*Figura 2.11 - Eflorescência [16].*

A água é um dos principais fatores de degradação das fachadas e dos revestimentos. Esta pode entrar nas paredes de diversas formas. Mesmo quando existe uma boa impermeabilização dos revestimentos para interior e exterior, não se consegue eliminar todas as entradas de água nas paredes. Torna-se necessário assegurar um equilíbrio entre o interior e o exterior da parede, permitindo a saída do vapor de água que é gerado no interior das paredes através dos revestimentos.

Deste modo, a tinta aplicada deve impedir a entrada de água através da superfície exposta tendo uma baixa permeabilidade à água líquida e, ao mesmo tempo, deverá possuir uma permeabilidade ao vapor de água que permita a saída do vapor de água. Além disto, deverá



ainda possuir aderência suficiente ao substrato para suportar eventuais pressões hidrostáticas geradas atrás do filme durante a evaporação de água através da parede.

Resumidamente, uma tinta para fachadas deverá ter uma reduzida permeabilidade à água líquida e uma elevada permeabilidade ao vapor de água, uma boa aderência ao substrato, elevada resistência à alcalinidade, elevada resistência a fungos e algas, elevada resistência aos raios ultravioleta e ainda uma baixa captação de sujidade [13].

Existem vários tipos de tintas para fachadas que são produzidos a partir de diferentes tecnologias. As tintas que são utilizadas mais frequentemente para aplicação exterior são as tintas lisas, as tintas texturadas e as tintas elastoméricas ou flexíveis.

#### 2.6.1. Tintas lisas

A maioria das tintas para aplicação exterior são produzidas a partir de emulsões de polímeros e copolímeros acrílicos puros (contém apenas monómeros de acrilato ou metacrilato) ou estireno-acrílicos (que além dos acrilato contem estireno).

Os custos de produção dos ácidos acrílicos e metacrilatos tornam as emulsões acrílicas puras mais caras do que as emulsões estireno-acrílicas. O preço é justificado pelas propriedades da tinta formulada com emulsões acrílicas puras que confere uma tinta de elevada resistência aos agentes atmosféricos, à água e à alcalinidade [13].

Quanto aos copolímeros estireno-acrílicos estes são utilizados essencialmente devido à favorável razão entre o seu custo e comportamento.

As emulsões estireno-acrílicas são utilizadas em tintas para fachadas tendo em conta o seu baixo preço e as suas características que garantem adequada resistência à exposição exterior. No entanto as emulsões acrílicas puras são mais utilizadas, principalmente em situações mais exigentes.

Quanto à resistência à saponificação, os copolímeros estireno-acrílicos demonstram-se essencialmente superiores aos acrílicos puros, especialmente quando a fração de estireno é elevada. Isto acontece devido à estrutura fundamental do estireno que é estável à hidrólise [13].

### 2.6.2. Tintas texturadas

Nas tintas texturadas são utilizadas cargas de elevada granulometria na sua formulação o que se torna a principal diferença entre estas e as tintas lisas tradicionais. Uma das principais finalidades das areias está relacionada com o desenho que a tinta fica depois de ser aplicada. Este aspeto rugoso torna-se ideal para disfarçar imperfeições existentes nas fachadas. As areias são compostas essencialmente por sílica que são cargas com uma elevada resistência.

Outro fator que faz aumentar a resistência deste tipo de tintas é a sua reologia onde a espessura de tinta que é aplicada em cada demão é superior às tintas lisas. Ou seja, já que se aplica uma camada mais espessa do revestimento, aumenta-se o poder de proteção do substrato.

### 2.6.3. Tintas elastoméricas

Além do aspeto decorativo, as tintas para fachadas têm a importante função de proteger contra a humidade. Nas fachadas é comum desenvolverem-se fissuras que permitem a penetração de humidade. Assim, este tipo de fachadas devem ser renovadas com sistemas que têm a capacidade para cobrir as fissuras. Um problema relacionado com a renovação das fachadas é que a largura das fissuras depende da temperatura, como resultado das mudanças de volume no substrato. Consequentemente, o revestimento aplicado deve ser suficientemente elástico de modo a acompanhar as mudanças, no substrato, provocadas pela temperatura e pela humidade. Por outro lado, a propagação das fissuras existentes e o aparecimento de novas fissuras, mesmo em fachadas renovadas, não é completamente controlada o que impõe maiores exigências relativamente à elasticidade. O revestimento deve ainda cumprir os requisitos a nível das funções estéticas, isto é, ter uma resistência à sujidade elevada para que mantenha um aspeto limpo durante muitos anos [13].

Os ligantes convencionais utilizados em tintas para fachadas não são adequados para cobrir as fissuras porque, a baixas temperaturas, estes não são suficientemente elásticos. A solução está em utilizar ligantes que consigam manter as suas propriedades mecânicas e elásticas em condições de temperatura entre -10°C e 40°C.

Um critério igualmente importante é a reversibilidade da extensão ou do alongamento. A extensibilidade do filme tem sempre uma componente termoplástica e uma componente elástica. A componente elástica pode ser aumentada através da reticulação do ligante. [13].

No entanto, aliada às boas propriedades mecânicas, surge uma propriedade indesejável que faz aumentar a captação da sujidade, a pegajosidade do filme. Para reduzir efetivamente a pegajosidade, seria necessária uma elevada reticulação o que levaria a enormes alterações nas propriedades mecânicas do filme, levando a uma redução da elasticidade. [13]

Na formulação de tintas elastoméricas utilizam-se normalmente polímeros acrílicos puros ou polímeros estireno-acrílicos, no entanto as formulações com polímeros acrílicos puros apresentam película de tinta com maior resistência à água, uma vez que são mais hidrófobos. [13]

As tintas utilizadas no presente estudo são tintas elastoméricas.

## **2.7. Formulação de uma tinta**

A formulação de uma tinta descreve, segundo normas específicas, quais são as matérias-primas, as respetivas quantidades e a ordem pela qual devem ser adicionadas. A formulação deve ser rigorosamente observada e cumprida de acordo com as seguintes etapas:

1. Avaliação e controlo de qualidade da matéria-prima;
2. Pesagem das matérias-primas segundo a formulação;
3. Mistura de solvente e aditivos;
4. Adição de pigmentos e/ou cargas com uma dispersão a alta velocidade durante alguns minutos controlando a temperatura;
5. Incorporação de agentes coalescentes e das resinas deixando alguns minutos para que a preparação se envolva homogeneamente;
6. Fase de acabamento onde se adiciona outras matérias-primas de acordo com o tipo de produto que se pretenda obter.

No final da fase de acabamento considera-se o processo de fabrico da tinta base terminado podendo ainda ser necessário proceder à filtração em rede fina de modo a evitar a existência de contaminações indesejáveis.

## 2.8. Reticulação dos produtos testados

Nos produtos utilizados a formação de película ocorre por coalescência. Após a aplicação do produto, a água começa a evaporar o que aumenta a concentração da dispersão e aproxima as partículas do ligante. Nas últimas etapas da evaporação da água ocorre a fusão das partículas do ligante ao pigmento formando uma película continua e a este processo chamamos coalescência. Este fenómeno ocorre a uma dada temperatura conhecida como temperatura mínima de formação de película. Na figura seguinte encontra-se ilustrado o fenómeno de coalescência [21].

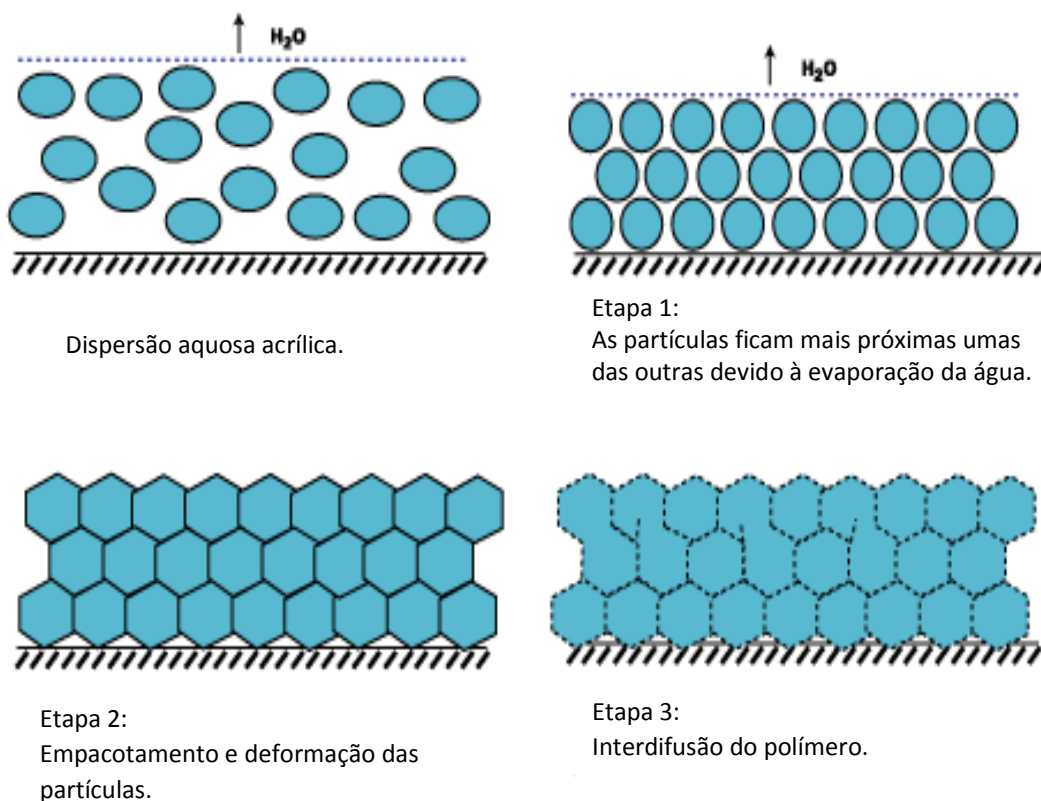


Figura 2.12 - Descrição do processo de secagem por coalescência.

No entanto, existem dois produtos que possuem um sistema misto de reticulação, isto é, aliado à coalescência têm ainda reticulação por ação da radiação UV.

A diferença substancial neste processo é o facto da resina e do solvente presente na formulação terem a capacidade de reagir entre si por meio de duplas ligações presentes nas extremidades ou ao longo do composto e ocorre um processo de polimerização iniciado pela radiação de luz ultravioleta.

A tecnologia de reticulação por ação da radiação UV utiliza compostos curáveis com foto-iniciadores que é sensível à luz ultravioleta e produzem radicais livres. Por sua vez, os radicais livres vão romper as duplas ligações dos outros componentes gerando novas espécies propagadoras da reação em cadeia. Estas ligações passam a unir-se umas às outras até não existirem mais duplas ligações formando uma película coesa. Este processo de secagem química confere características de proteção mecânica e química superiores devido ao facto da cura se efetuar em tempos muito reduzidos[22][23].

Este sistema misto de reticulação permite reduzir a pegajosidade superficial e a captação de poeiras. Permite também obter um produto final com uma menor perda do alongamento ao longo do envelhecimento e uma menor temperatura mínima de dobragem.

### 3. Metodologia Experimental

Após o processo de fabrico de uma tinta torna-se necessário avaliar o desempenho desta. Para tal, a tinta é submetida a vários testes para se determinar as suas propriedades de modo a avaliar o seu desempenho.

Neste capítulo é feita uma descrição dos ensaios utilizados para caracterização de uma tinta. O processo experimental está dividido em duas partes. À exceção dos ensaios de absorção de água cíclica, alongamento à rutura e resistência à tração, todos os outros ensaios foram realizados nos laboratórios da CIN.

#### 3.1. Viscosidade

A viscosidade é de grande importância para a caracterização de uma tinta sendo responsável por diversas características na tinta. Trata-se de uma medida de resistência interna que o fluido oferece ao escoamento, ou seja, quanto maior a viscosidade de um líquido, mais lento é o seu fluxo. A temperatura irá influenciar a viscosidade isto é, o aumento de temperatura faz com que diminua a viscosidade e vice-versa.

Para a medição da viscosidade utilizou-se um viscosímetro de Brookfield que mede a viscosidade absoluta em centipoise (cP) através de um fuso rotativo.



Figura 3.1 - Viscosímetro Brookfield [24].

### 3.1 Massa volúmica

A massa volúmica, ou densidade, é uma propriedade das substâncias definida como o quociente da sua massa pelo seu volume. Os valores são expressos em g/cm<sup>3</sup> ou kg/l.

Utilizam-se picnómetros em metal com a capacidade de 100 ml, medindo-se a massa, em gramas, do picnómetro vazio e depois do picnómetro com a tinta.



Figura 3.3 - Picnómetros [25].

A massa volúmica é calculada pela seguinte equação

$$M_v = \frac{M_1 - M_0}{V_n}$$

Equação 3.1

Em que,

$M_v$  é a massa volúmica expressa em g/cm<sup>3</sup> ou kg/l;

$M_0$  é a massa do picnómetro vazio em gramas;

$M_1$  é a massa do picnómetro e da tinta em gramas;

$V_n$  é o volume nominal do picnómetro em cm<sup>3</sup>.

### 3.2 pH

O pH de uma tinta é uma característica importante para uma tinta aquosa pois vai influenciar a viscosidade.

A determinação do pH é efetuada através de um aparelho de medição de pH colocando-se o elétrodo em contato direto com a tinta.

### **3.3 Poder de cobertura**

O poder de cobertura ou opacidade, traduz-se na taxa de espalhamento à qual a opacidade do filme é suficiente para cobrir completamente a carta de contraste isto é, apresentar uma razão de contraste de 98%. Pode definir-se razão de contraste como uma das características do poder de cobertura que consiste no quociente entre a luz refletida na zona preta e na zona branca de uma carta de contraste.

### **3.4 Aspeto físico**

O aspeto físico exprime o aspeto que a tinta apresenta a olho nu, isto é, se visivelmente apresenta uma boa homogeneização e se não existe uma separação de fases visíveis. O aspeto físico é considerado bom quando não se verificam irregularidades na consistência da tinta.

### **3.5 Cor**

A cor é o resultado da interação de uma fonte luminosa, um objeto que modifica a luz emitida, da vista humana que a recebe e do cérebro que interpreta os estímulos recebidos da luz refletida.

A cor de uma tinta é medida por um software próprio do espectrofotómetro utilizado, de acordo com a luz refletida pelo produto na gama do visível, determinando as coordenadas no espaço de cor CIELab:



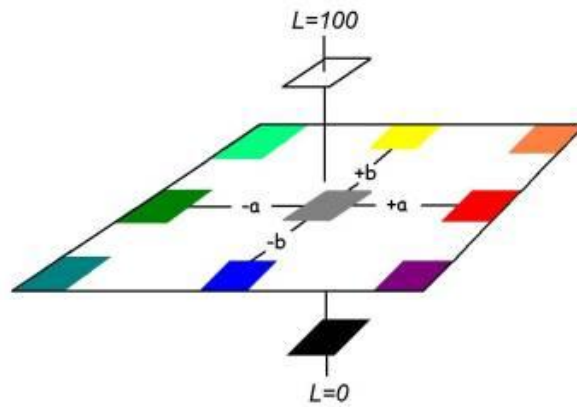


Figura 3.2 - Sistema de cor CIE Lab.

Onde

$L^*$  - é a medida da luminosidade e varia de 100 (branco perfeito) até 0 (preto perfeito);

$a^*$  - representa um eixo vermelho – verde onde para um valor de  $a^*$  positivo corresponde uma tonalidade avermelhada e para valores de  $a^*$  negativos corresponde uma tonalidade verde.

$b^*$  - representa o eixo amarelo – azul onde para valores de  $b^*$  positivo corresponde uma tonalidade amarela e para valores de  $b^*$  negativos corresponde uma tonalidade azul.

A diferença de cor,  $\Delta E$ , é calculada comparando a cor padrão com uma outra cor a analisar, que são referentes aos eixos da figura 3.4

### 3.6 Brilho

O brilho especular tem em conta a luz que é refletida de um revestimento quando se faz incidir uma luz com determinado angulo. A reflexão da luz na superfície do revestimento depende do índice de refração do polímero que o compõe e da uniformidade da superfície.

Para a medição do brilho especular utiliza-se um reflectómetro com geometria de 20°, 60° e 85°. Uma geometria de 20°, possibilita obter uma diferenciação entre películas de elevado brilho, isto é, para películas que apresentem valores superiores a 70 unidades de brilho a 60°, enquanto que uma geometria de 85° permite uma diferenciação entre películas de baixo brilho, isto é, que apresentem valores inferiores a 10 unidades de brilho a 60°.



Figura 3.3 - Medidor de brilho [26].

### 3.7 Índice de brancura e índice de amarelecimento

A brancura de uma tinta está relacionada com a reflexão de praticamente todos os comprimentos de onda da luz visível. Para determinação do Índice de Brancura é necessário aplicar a tinta numa carta de contraste, com uma espessura adequada. O índice é especificado pela comissão de colorimetria da CIE para utilizar o iluminante D65 em combinação com o observador padrão. O índice é calculado seguindo a equação 3.2 [9]:

$$WI = Y + 800(x_n - x) + 1700(y_n - y) \quad \text{Equação 3.2}$$

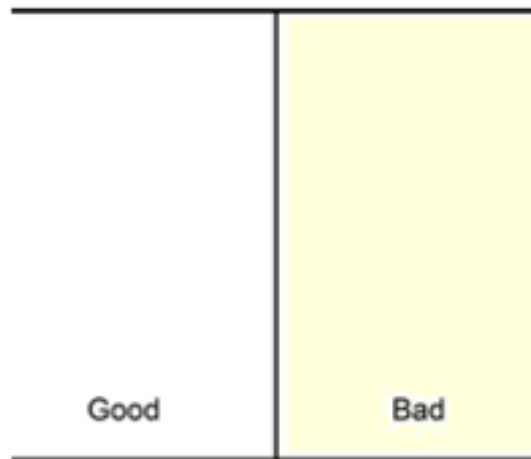
Onde

Y representa a luminosidade do objeto analisado;

$X_n$  e  $y_n$  são as coordenadas de cromaticidade do sistema CIE para o iluminante utilizado;

X e y são as coordenadas de cromaticidade da amostra avaliada.

Para obtenção do índice de brancura e do índice de amarelecimento, recorre-se a um software próprio do espectrofotómetro utilizado.



*Figura 3.4 - Exemplo de amarelecimento de uma tinta [16].*

### **3.8 Compatibilidade**

Este ensaio é realizado para as bases tintométricas, refletindo o doseamento de cores. Se ao fim de algum tempo de agitação se obter um aspeto homogéneo, considera-se que a tinta é compatível com os corantes ensaiados.

### **3.9 Estabilidade acelerada**

Com este ensaio pretende-se simular o que acontece no armazenamento de uma tinta durante dois anos. Para isso, é colocada numa estufa a 50 °C durante um mês e posteriormente é feita a sua caracterização.

### **3.10 Fissuração Mudcracking**

O teste de fissuração Mudcracking tem como objetivo avaliar possíveis descontinuidades ou fissuras no filme de tinta aplicado em espessuras elevadas de revestimentos.

Este ensaio é classificado de acordo com a capacidade de ser visível a olho nu um maior número de fissuras até a visualização de uma película isenta de fissuração e empolamentos, numa escala de 0 a 5 respetivamente.



*Figura 3.5 - Película de tinta com fissurações e empolamentos [16].*

### **3.11 Temperatura mínima de formação de película**

A temperatura mínima de formação de película (TMFP) é a temperatura limite acima da qual se forma uma película homogênea sem fissuração nem farinação. A TMFP está diretamente relacionada com a  $T_g$  do ligante sendo, normalmente, mais baixa do que esta devido à presença de plastificantes. As condições de secagem da tinta têm de garantir uma temperatura igual ou superior à TMFP para ocorrer coalescência. A TMFP foi medida utilizando um equipamento como o representado na Figura 3.7, que consiste num suporte retangular que pode ser de alumínio ou aço inox com uma espessura suficiente para fornecer e garantir um gradiente constante de temperatura.



*Figura 3.6 - Equipamento de determinação de TMFP [25].*

### 3.12 Resistência de uma película de tinta às cinzas

Este ensaio pretende simular a sujidade a que uma tinta de aplicação em exterior está exposta. Assim, é aplicado num suporte de vidro a tinta, deixando a película secar durante alguns dias e só depois são colocadas as cinzas orgânicas. Os resultados são expressos em termos de diferença de cor antes e depois da lavagem das cinzas.



*Figura 3.7 - Exemplo de resistência às cinzas [16].*

### 3.13 Resistência à água líquida e amónia

Neste ensaio pretende-se simular o que acontece quando a película é exposta à água e à amónia. Os resultados deste ensaio são classificados entre 0 e 10, de acordo com o minuto em que se observa alterações na película nomeadamente o aparecimento de empolamentos.



*Figura 3.8 - Película de tinta depois de sujeita a um ensaio de resistência à água líquida e amónia.*

### 3.14 Resistência QUV-B

O equipamento de QUV-B (Figura 3.10) reproduz os danos que podem ser causados pela radiação solar, pela chuva e pelo orvalho recorrendo a uma norma interna. O aparelho é muito útil para ensaios em tintas de exterior uma vez que consegue simular o que ocorre em alguns meses ou anos, no exterior. Para simular as condições atmosféricas, o provete com a tinta é exposto a ciclos alternados de luz UV e humidade a temperaturas elevadas e controladas. Para se conseguir verificar o que acontece, o provete que está sujeito ao ensaio é comparado com um provete com a mesma tinta mas que não está sujeito à exposição. Recorrendo a um espectrofotómetro verifica-se qual é a diferença de cor entre os dois.



Figura 3.9 - Equipamento de QUV-B [27].

### 3.15 Resistência Xénon

Este método de ensaio é específico para colocar os revestimentos em exposição ao envelhecimento artificial com uma câmara com lâmpada de arco de xénon, incluindo a ação da água líquida e vapor de água. Utiliza-se este equipamento uma vez que em determinadas condições de comprimento de onda e de irradiância, consegue simular o espectro solar [9]. Este funciona a uma irradiância de  $0.51 \text{ W/m}^2$  para um comprimento de onda de 340 nanómetros. Os efeitos do envelhecimento são analisados separadamente através da comparação durante e após o envelhecimento de determinados parâmetros que se pretendem estudar.



*Figura 3.10 - Equipamento para o ensaio de resistência Xénon [27].*

### **3.16 Resistência exterior**

O método de ensaio de resistência exterior, também conhecido como envelhecimento natural, é o método tradicional de analisar as alterações que ocorrem na tinta aplicada e que se aproxima do resultado final com o tempo real. No entanto, este método tem uma longa duração, o que impossibilita um resultado rápido mas sendo necessário para a caracterização da tinta e por isso iniciado ainda durante este trabalho.



*Figura 3.11 - Ensaio de exposição exterior [27].*

### **3.17 Absorção de água cíclica**

O método da absorção de água cíclica tem como objetivo determinar a percentagem de água absorvida pelos revestimentos após alguns dias de imersão.



*Figura 3.12 - Ensaio de absorção de água cíclica [28].*

### **3.18 Alongamento à rutura e resistência à tração**

As propriedades elásticas das películas de tinta foram avaliadas em ensaios de tração pela medida do alongamento à rutura e de resistência à tração. O alongamento à rutura indica a deformação máxima, relativamente à dimensão original, que um material pode suportar e exprime-se em termos do aumento percentual do comprimento da peça no momento de rutura. A resistência à tração indica a tensão máxima que um material pode suportar e exprime-se em termos de carga aplicada por unidade de área no momento da rutura.



*Figura 3.13 - Ensaio de tração para determinação do alongamento à rutura e da resistência à tração [29].*





## **4. Resultados e Discussão**

Durante o estágio foram realizadas diferentes versões de cada um dos produtos a testar com o intuito de ser possível substituir a resina utilizada, sendo necessário alterar o teor de alguns constituintes na formulação para que se conseguisse cumprir determinados parâmetros como por exemplo, a viscosidade, que foi o primeiro parâmetro a controlar.

Foram testados quatro produtos (tintas) com propriedades distintas, aqui designadas por membrana A, membrana B, tinta texturada F e membrana H. Substituiu-se o ligante na formulação original por resinas alternativas e avaliaram-se os parâmetros das formulações resultantes, comparando-se com os da formulação original (padrão). Assim, no caso da membrana A, membrana B, Tinta texturada F e membrana H, foram testadas duas resinas alternativas que consistem em emulsões acrílicas-estirenadas e que serão designadas por resina A e resina B. A resina A é uma resina acrílica-estirenada convencional em tintas para fachadas, foto-reticulável, enquanto que a resina B além de ser foto-reticulável apresenta uma maior flexibilidade a baixas temperaturas.

Ainda referir que no que diz respeito ao processo de secagem, a membrana A e a membrana H apresentam um sistema misto de reticulação isto é, apresentam reticulação por coalescência e por secagem química, neste caso, radicação ultravioleta. Quanto à membrana B e à tinta texturada F, estas apresentam apenas reticulação por coalescência.

De seguida são apresentados os resultados para cada produto em estudo.

### **4.1. Membrana A**

A membrana A é uma membrana foto-reticulável (necessita de radiação UV para ocorrer a cura da película) que é recomendada para proteção de fachadas que se encontrem fissuradas no exterior.

Neste produto foi substituída a resina utilizada por uma resina A e resina B e nas figuras seguintes encontram-se os dados obtidos para os ensaios que foram realizados nos laboratórios CIN para uma base P, pastel, e posteriormente para uma base transparente, TR.

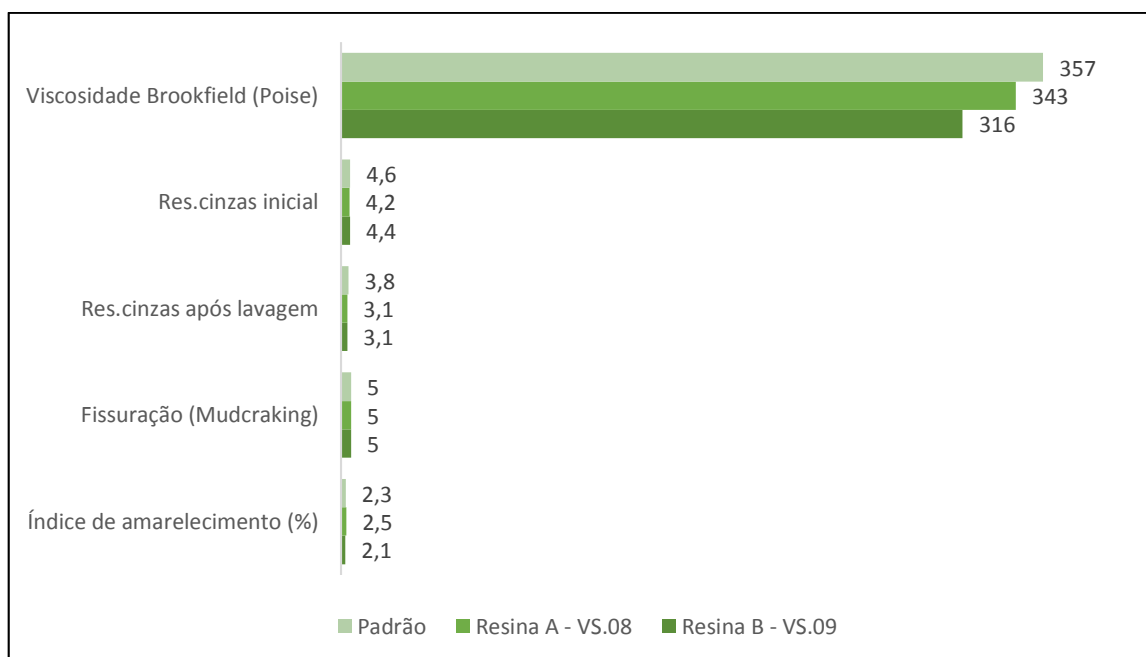


Figura 4.1 - Resultados relevantes para a membrana A em base P.

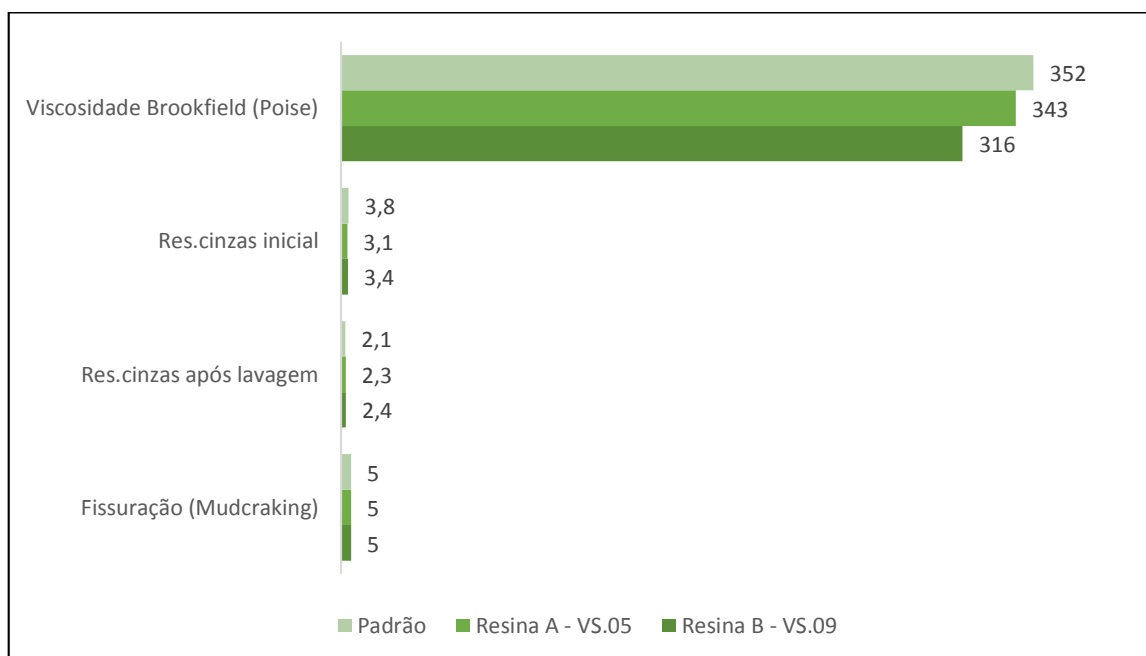


Figura 4.2 - Resultados relevantes para a membrana A em base TR.

Além destes ensaios, foram realizados outros cujos resultados se encontram no apêndice A, na tabela A-1 e tabela A-2.

Numa primeira fase, ainda que muito preliminar, é possível já notar uma aproximação dos valores obtidos com a resina A em relação ao padrão, mas os valores com a resina B não

apresentam variações muito significativas. No entanto, é visível que, para uma tinta elastomérica que apresenta um sistema misto de reticulação, deveríamos obter valores mais baixos de diferença de cor no ensaio de resistência às cinzas pois a pegajosidade superficial deveria ser menor.

As tintas formuladas para a membrana A foram avaliadas quanto à sua estabilidade para simular o que acontece em armazenamento durante um período de dois anos e posteriormente foram analisadas, mostrando-se os resultados obtidos nas figuras 4.3 e 4.4.

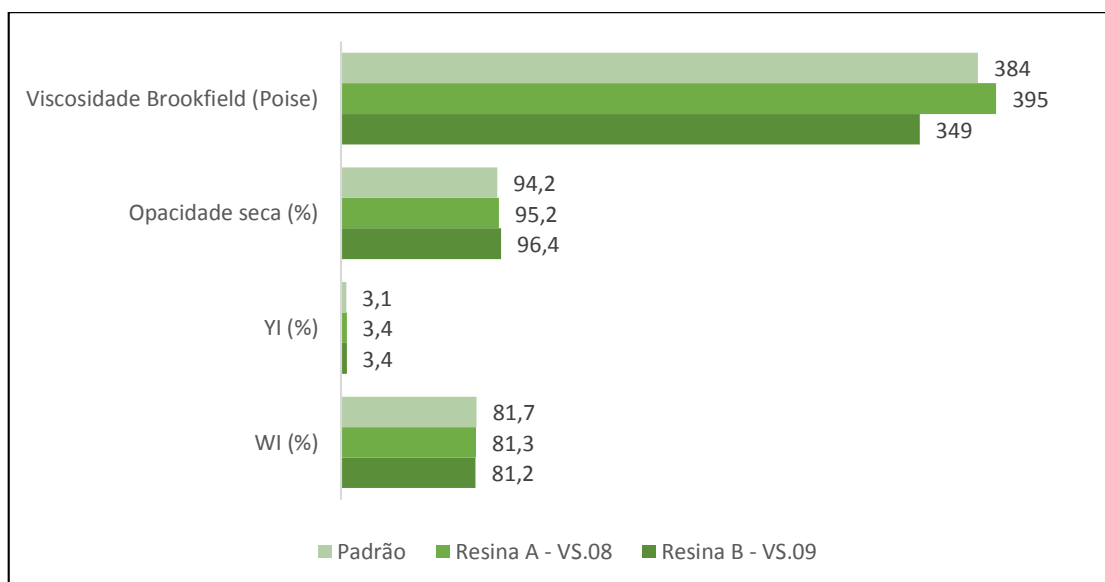


Figura 4.3 - Resultados dos ensaios de estabilidade para a membrana A, base P.

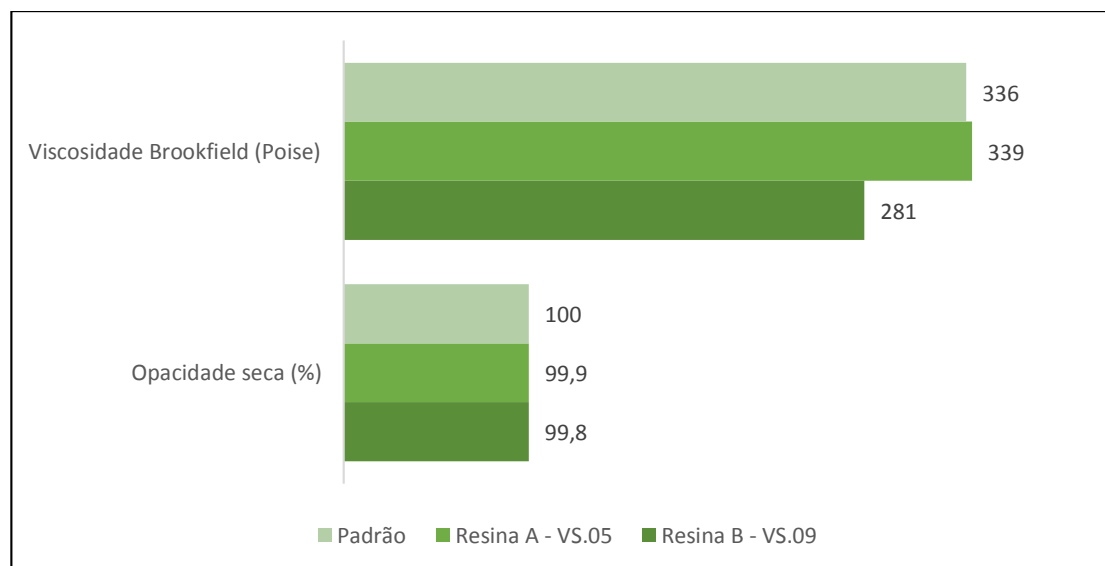


Figura 4.4 - Resultados dos ensaios de estabilidade para a membrana A, base TR.

Com os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados à tinta em estabilidade, verifica-se que não ocorrem variações significativas e que a formulação obtida com a resina A encontra-se próxima da tinta padrão. Após estes primeiros resultados, esta tinta foi enviada para um laboratório externo para a realização de ensaios de alongamento à ruptura, resistência à tração e absorção de água cíclica. Os resultados encontram-se nas seguintes figuras.

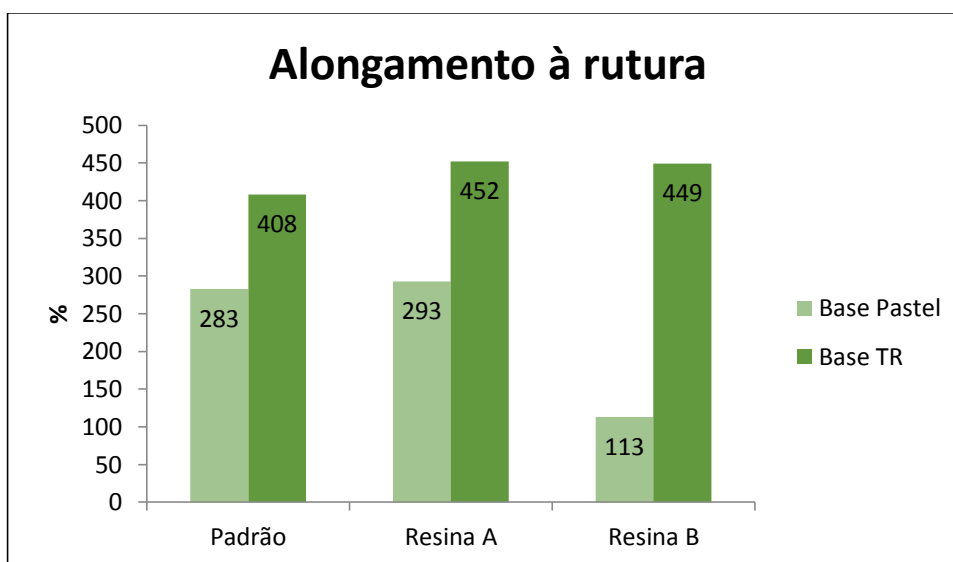


Figura 4.5 - Alongamento à ruptura na membrana A em base P e em base TR.

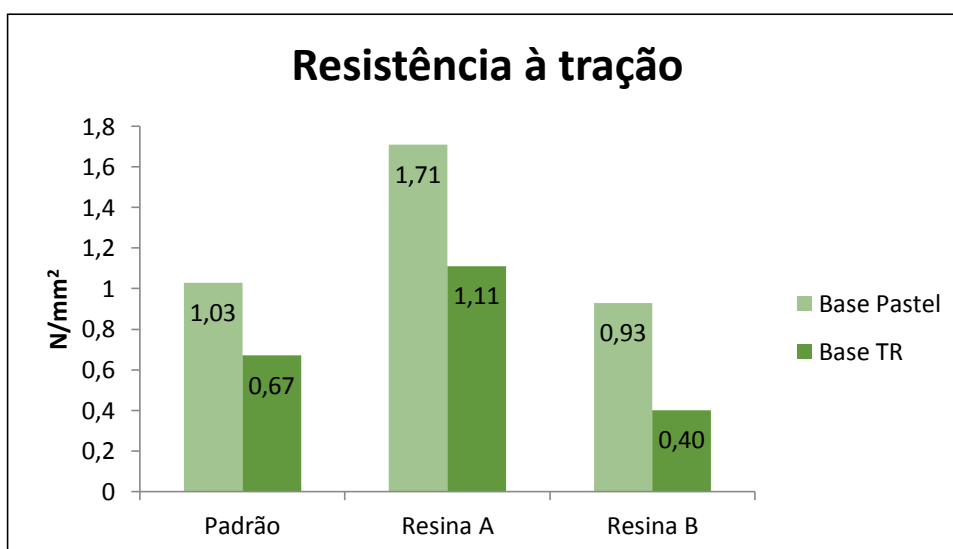


Figura 4.6 - Resistência à tração na membrana A em base P e em base TR.

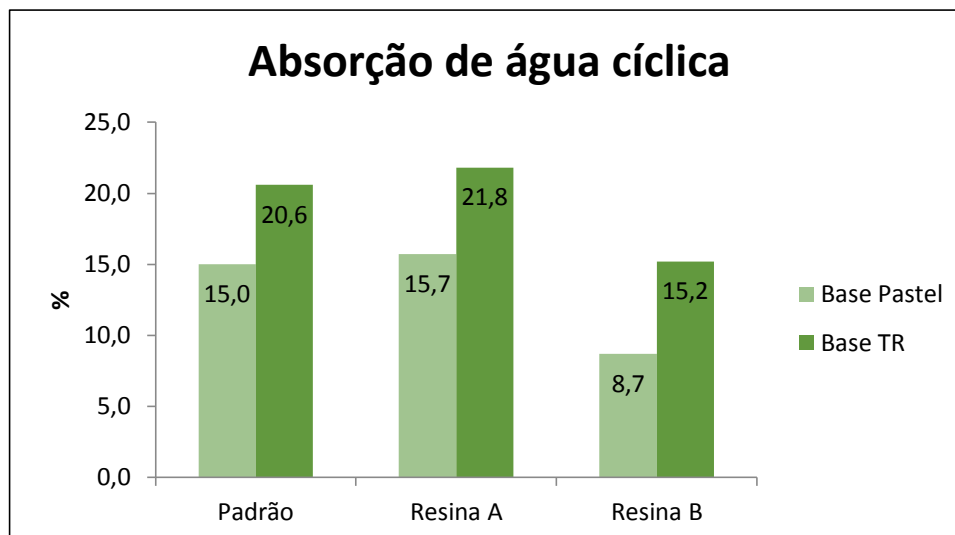


Figura 4.7 - Absorção de água cíclica na membrana A em base P e em base TR.

A análise dos resultados mostra que a tinta preparada com a resina A apresenta valores de alongamento à ruptura e resistência à tração superior ao apresentado pela tinta preparada com a resina B e pela tinta padrão o que indica que tem um comportamento mais elástico conseguindo acompanhar melhor as pequenas alterações existentes no substrato.

Relativamente aos valores obtidos para o ensaio de absorção de água cíclica, tal como foi referido, deve-se dar preferência a uma tinta que apresente menores valores de absorção uma vez que se trata de um dos principais fatores de degradação de uma tinta de exterior. Assim, seria preferível a utilização da resina B em relação à resina A. Apesar disso, os valores obtidos para a resina A, não se encontram muito diferentes dos valores obtidos para a tinta padrão.

Outra observação pertinente que se pode fazer em relação à absorção de água cíclica é que, em relação à tinta em base transparente, esta apresenta valores que são consideravelmente o dobro dos valores obtidos para a base pastel. Isto acontece porque, para se obter as cores pretendidas com as bases transparentes é necessário utilizar uma quantidade de corantes superiores quando utilizada base pastel e isto pode influenciar várias propriedades da tinta nomeadamente a absorção de água.

Foram ainda efetuados ensaios de resistência QUV-B e de resistência Xénon. Relativamente ao ensaio de QUV-B, é notória a diferença de cor da tinta preparada com a resina B relativamente ao padrão, isto é, após a exposição aos ciclos que simulam as condições

atmosféricas, a tinta preparada com a resina B é aquela que apresenta maiores alterações em relação à tinta padrão como se pode ver na figura 4.8.

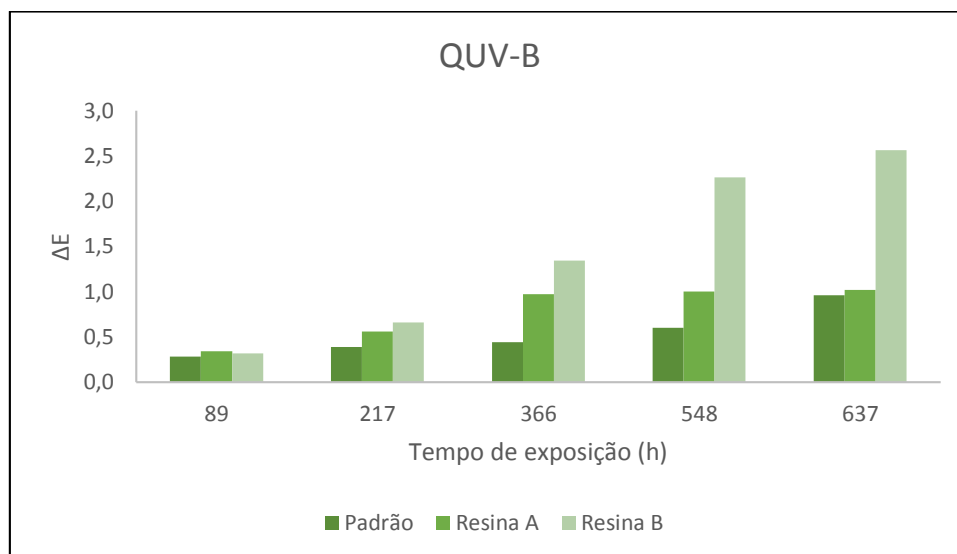


Figura 4.8 - Ensaio QUV-B para a membrana A, base P.

Relativamente ao ensaio de resistência Xénon, foram efetuadas medições em três tempos de exposição distintos, verificando-se que não são visíveis alterações significativas em relação ao padrão o que pode ser visualizado na figura 4.9.

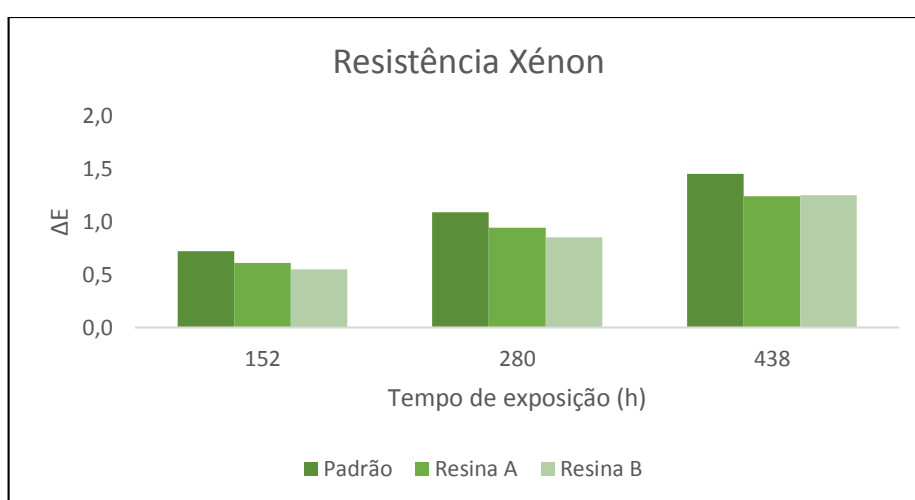


Figura 4.9 - Resistência Xénon para a membrana A, base P.

Com estes resultados, ainda que sejam valores que precisam de ser corroborados com os ensaios de exterior que decorrem no momento da entrega, é possível verificar que os

resultados obtidos com a resina A, em ambos os casos, são os valores mais aproximados dos obtidos na tinta padrão. No entanto, só após esses dados poderemos considerar se estamos perante uma boa opção para o caso em estudo.

#### 4.2. Membrana B

A membrana B é uma tinta aquosa elástica que é recomendada para aplicação em fachadas fissuradas no exterior.

Os resultados que foram obtidos para a membrana B não estavam de acordo com o que teoricamente seria esperado e por isso aqui estão apenas apresentados alguns dos resultados nas figuras 4.10 e 4.11.

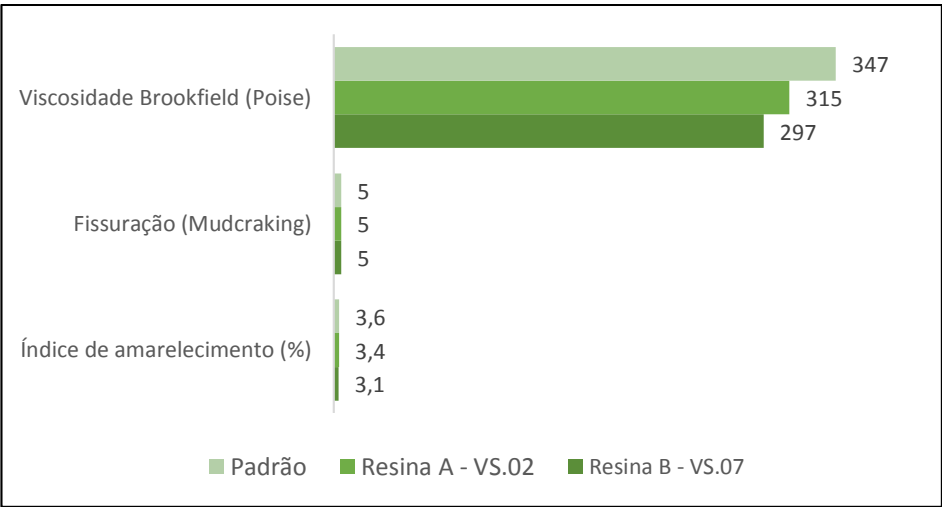


Figura 4.10 - Resultados relevantes para a membrana B em base P.

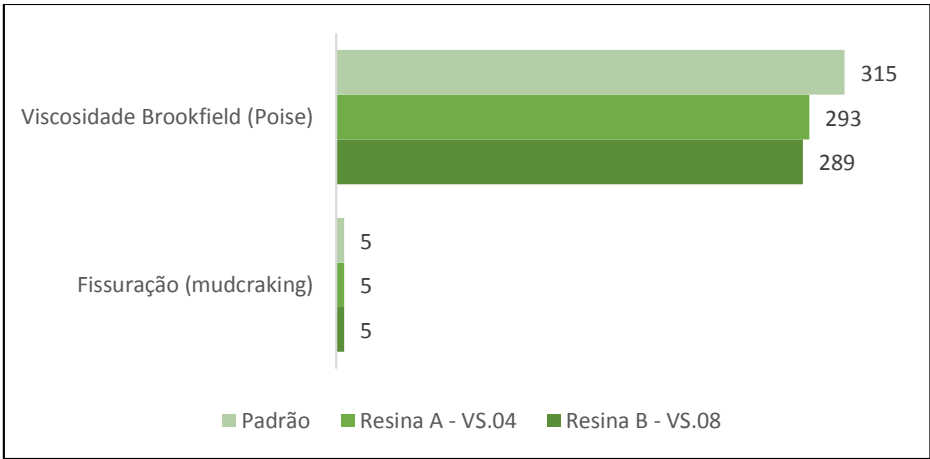


Figura 4.11 - Resultados relevantes para a membrana B em base TR.



Comparando os resultados obtidos para a membrana B quer em base P, quer em base TR, verifica-se que os resultados obtidos para a tinta preparada com a resina A se encontram mais próximos aos resultados que se obtém com a tinta padrão. Todos os resultados dos ensaios que foram realizados no laboratório I&D encontram-se na tabela B-1 e tabela B-2 do Apêndice B.

As tintas foram avaliadas quanto à estabilidade acelerada e posteriormente foram analisadas, verificando-se que não haviam alterações significativas entre as tintas iniciais e as tintas obtidas após os ensaios de estabilidade.

Após estes primeiros ensaios, as tintas foram colocadas em ensaios de envelhecimento e enviadas amostras para o laboratório externo. Os resultados encontram-se nas seguintes figuras.

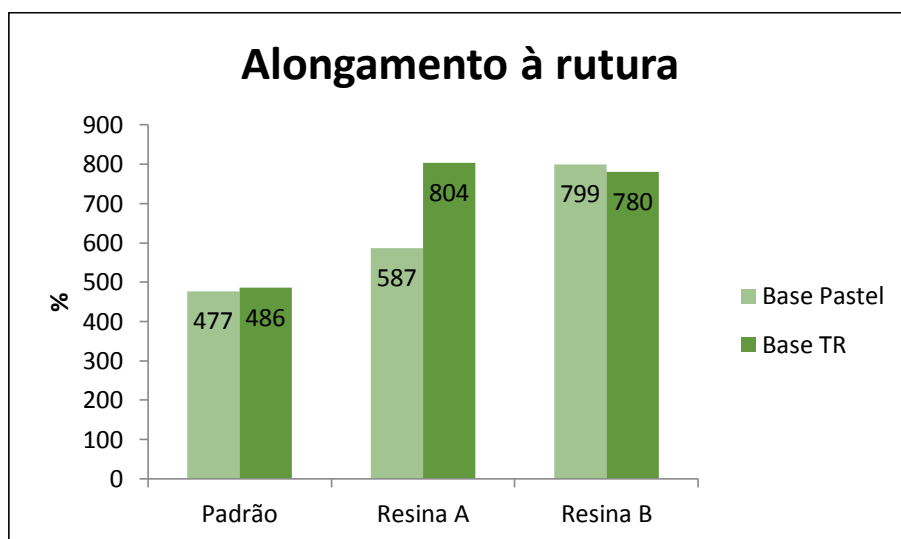


Figura 4.12 - Alongamento à rutura na membrana B em base P e em base TR.

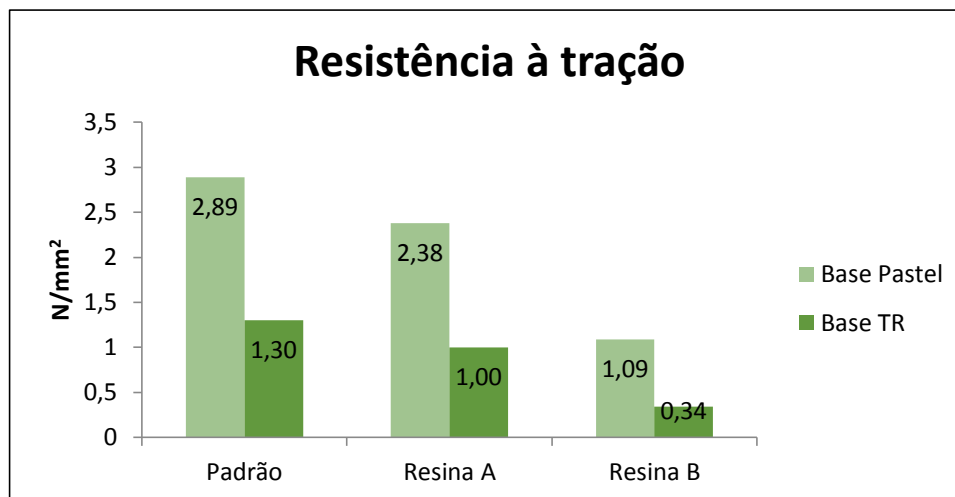


Figura 4.13 - Resistência à tração na membrana B em base P e em base TR.

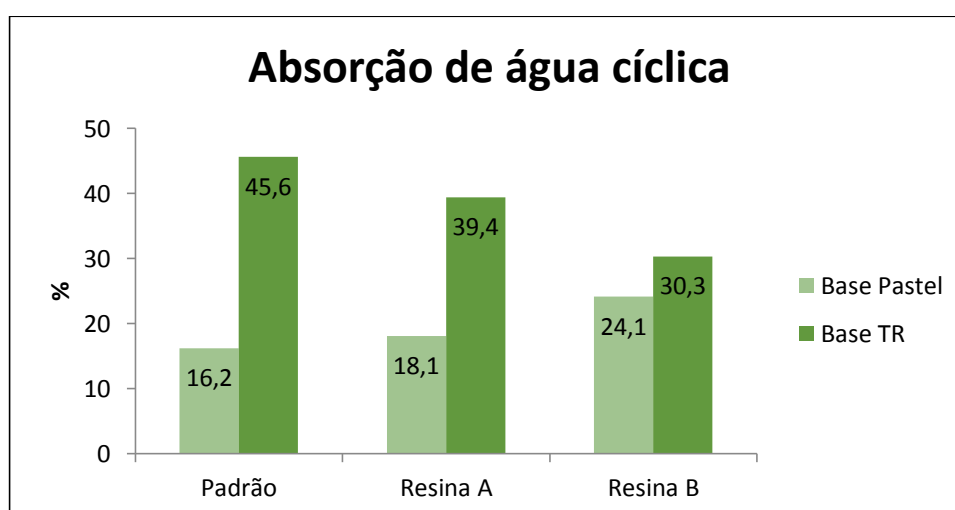


Figura 4.14 - Absorção de água líquida na membrana B em base Pastel e em base TR.

Através da observação das figuras que relacionam as resinas utilizadas com o alongamento à rutura e resistência à tração, é possível verificar que existe uma variação significativa no que diz respeito aos valores apresentados pela tinta preparada com a resina B enquanto os valores referentes à tinta preparada com a resina A se aproximam mais aos resultados obtidos para o padrão.

Com os resultados obtidos para o ensaio de absorção de água cíclica, seria preferível utilizar a tinta preparada com a resina B já que apresenta menores valores de absorção. Apesar disso, a tinta preparada com a resina A apresenta valores dentro da gama de valores apresentados pela tinta padrão. Tal como para a membrana A, mais uma vez se consegue

observar que a presença de pigmentos na formulação da tinta em base pastel é um fator importante para a absorção de menor quantidade de água, uma vez que os pigmentos conferem uma maior permeabilidade da película.

### 4.3. Tinta texturada F

Esta é uma tinta texturada aquosa recomendada para a pintura de fachadas que disfarça pequenas imperfeições do suporte. É uma tinta resistente a pequenas fissuras apresentadas pelo suporte e tem uma flexibilidade superior à das tintas texturadas convencionais.

Os resultados considerados mais relevantes encontram-se na tabela 4.15 e na tabela 4.16 e os resultados completos encontram-se no apêndice C na tabela C-1 e tabela C-2.

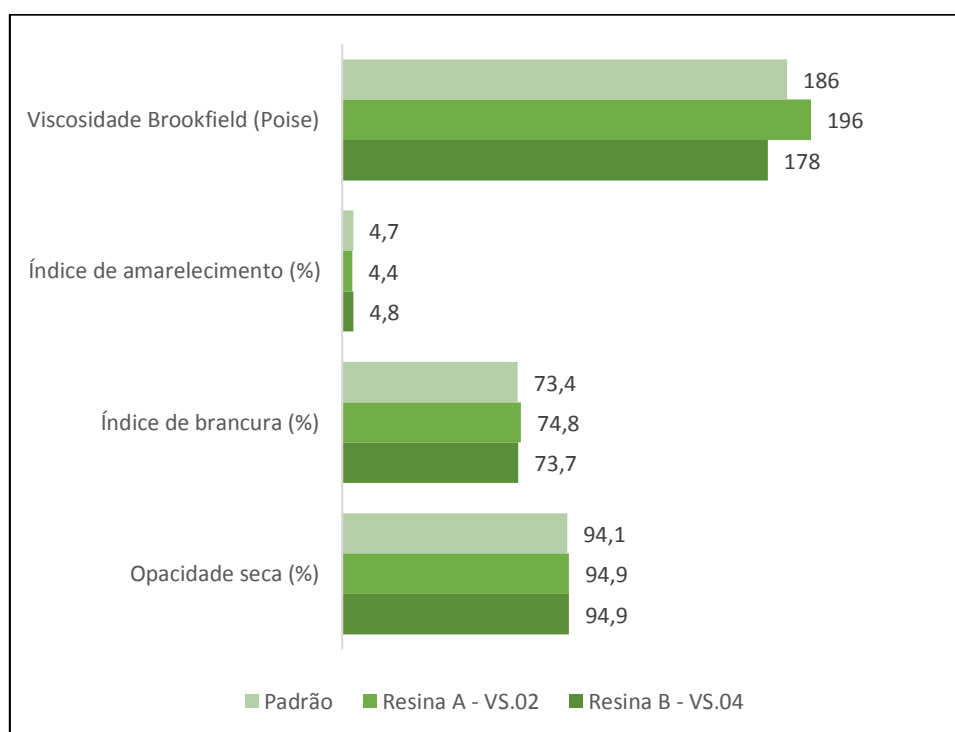


Figura 4.15 - Resultados relevantes para a membrana texturada F em base P.

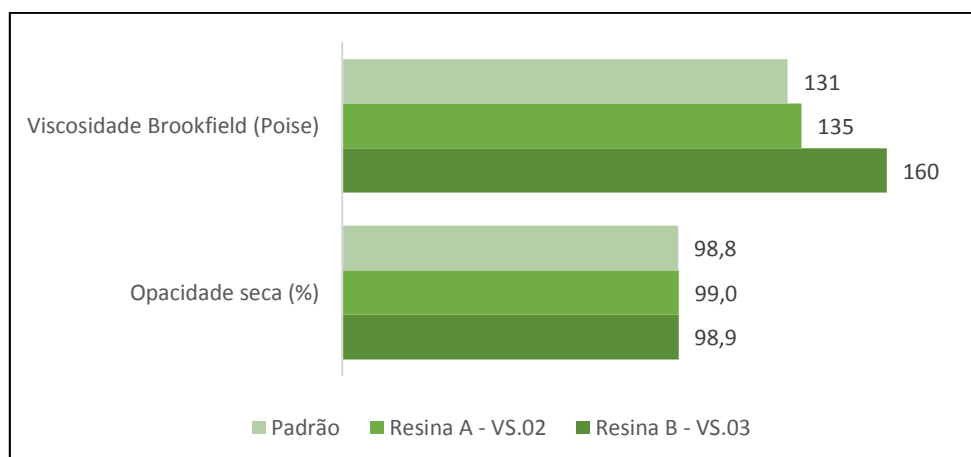


Figura 4.16 - Resultados relevantes para a membrana texturada F em base TR.

Numa primeira avaliação, é possível verificar que a nível geral dos resultados obtidos para membrana texturada F, a tinta preparada com a resina A apresenta valores semelhantes aos da tinta padrão.

De seguida as tintas foram avaliadas quanto à sua estabilidade e os resultados obtidos encontram-se nas seguintes figuras:

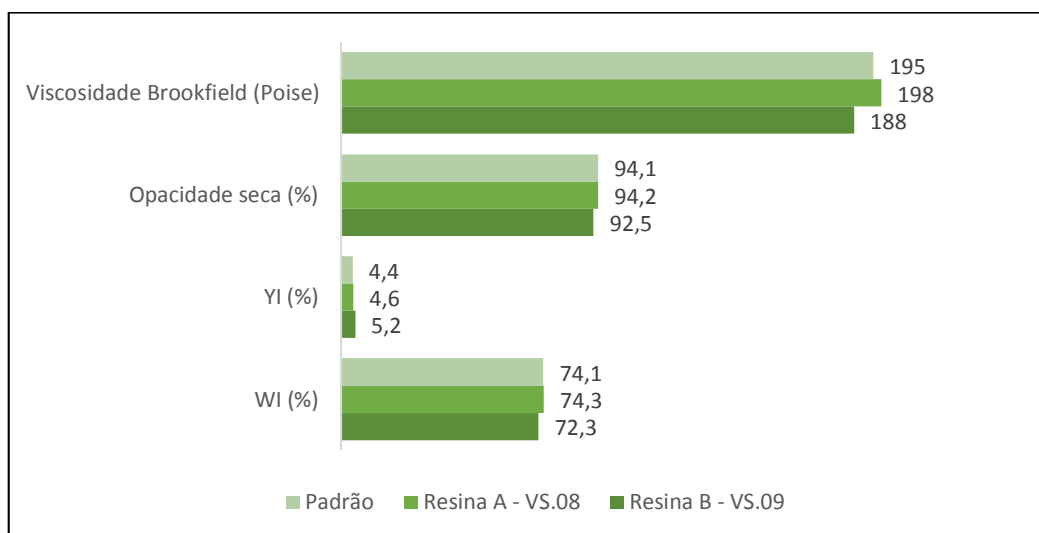
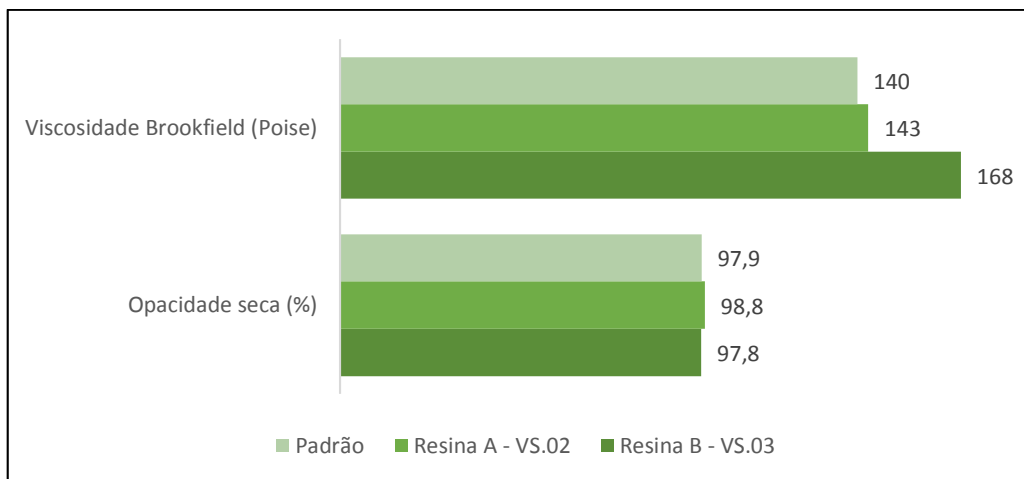


Figura 4.17 - Resultados dos ensaios em estabilidade para a membrana texturada F, base P.



*Figura 4.18 - Resultados dos ensaios em estabilidade para a membrana texturada F, base TR.*

Com estes resultados é possível verificar que não existe uma diferença muito significativa quando avaliada de acordo com a sua estabilidade.

Mais uma vez, os resultados de ensaio de envelhecimento natural não se encontram disponíveis para consulta aqui.

#### **4.4. Membrana H**

A membrana H trata-se de um revestimento foto-reticulável (necessita de radiação UV para ocorrer a cura). Esta tinta é assim denominada por se tratar de uma membrana de aplicação horizontal, isto é, a sua aplicação é aconselhada para proteção, vedação e impermeabilização de coberturas e terraços.

Os resultados considerados mais relevantes encontram-se na tabela 4.19 e 4.20 e os resultados completos encontram-se no apêndice D na tabela D-1 e na tabela D-2.

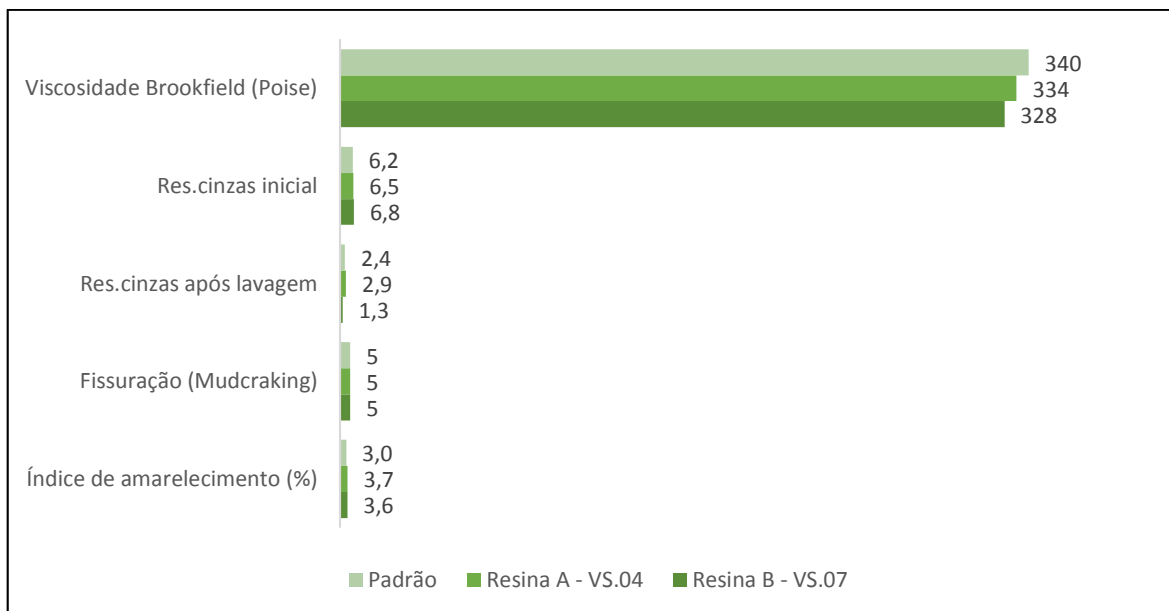


Figura 4.19 - Resultados relevantes para a membrana H em base P.

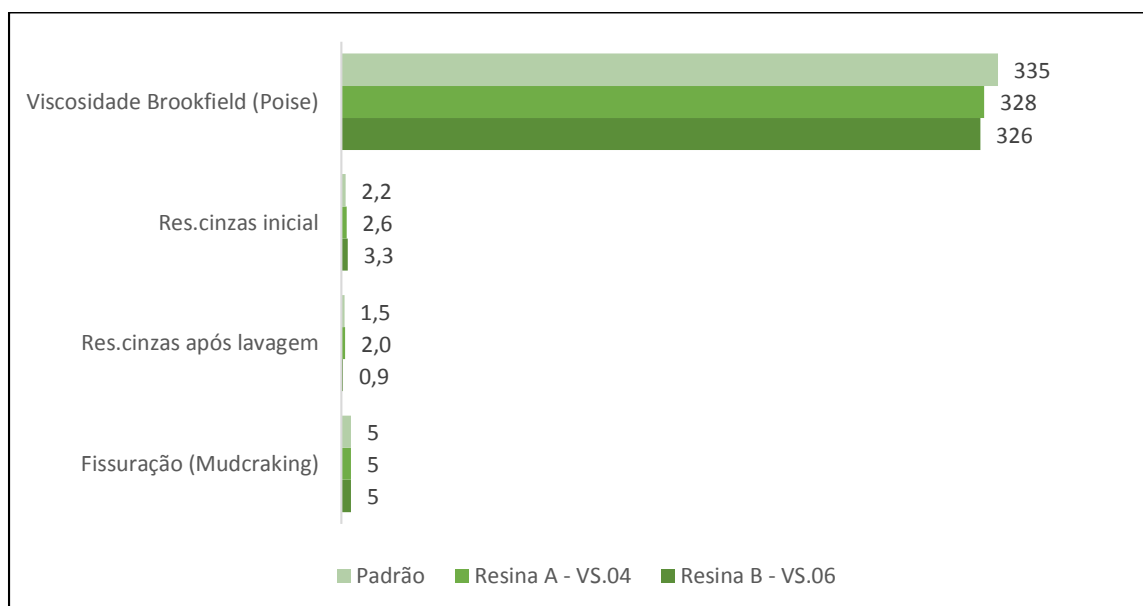


Figura 4.20 - Resultados relevantes para a membrana H em base TR.

Como se verifica pelos resultados obtidos na base pastel, os valores para o ensaio de resistência às cinzas são elevados para o que seria de esperar numa tinta elastoméricas com sistema misto de reticulação. Apesar disso, após a lavagem das cinzas conseguimos reduzir bastante esse valor.

Após os primeiros ensaios, as tintas em base P e em base TR, foram avaliadas quanto à sua estabilidade e após um mês em estufa foram novamente efetuados ensaios de caracterização que se encontram nas tabelas 4.21 e 4.22.

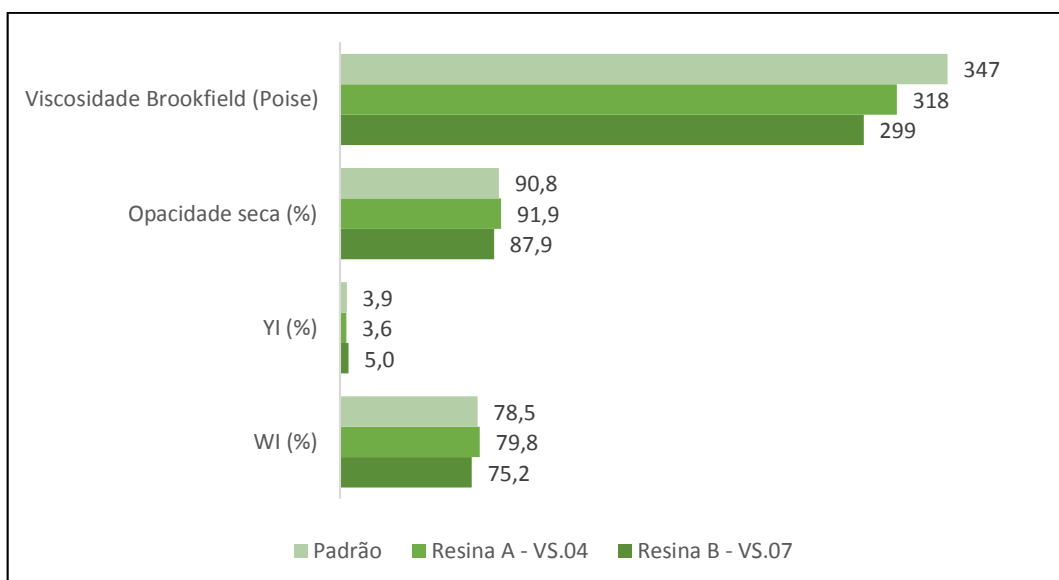


Figura 4.21 - Resultados dos ensaios em estabilidade para a membrana H, base P.

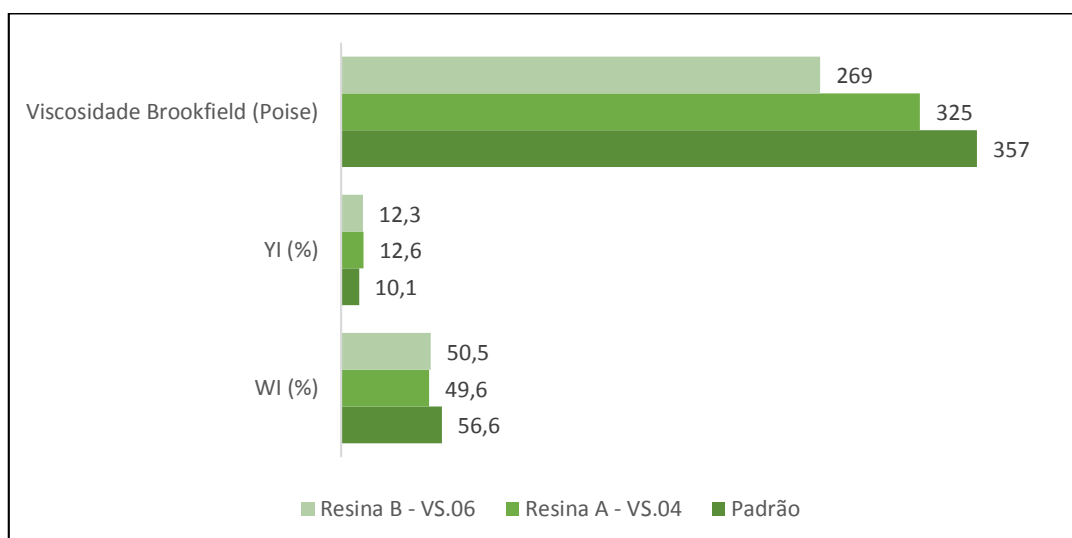


Figura 4.22 - Resultados dos ensaios em estabilidade para a membrana H, base TR.

Relativamente aos resultados obtidos nos ensaios nos laboratórios I&D, é possível verificar que, mais uma vez, a resina A, no geral, é aquela que apresenta resultados mais favoráveis à substituição. Após estes ensaios, as tintas foram enviadas para laboratório externo para serem efetuados mais ensaios para que seja possível afirmar se estamos perante uma boa alternativa. Encontram-se a decorrer os ensaios de envelhecimento natural e só com esses resultados é que é possível essa afirmação mas, ainda que muito preliminar, estes resultados são bastante favoráveis.

## **5. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro**

A presente dissertação teve como principal objetivo o estudo de resinas alternativas em tintas decorativas através da caracterização de tintas onde foi alterada a resina utilizada por duas novas resinas (resina A e resina B).

Só é possível afirmar que se pode alterar um dos constituintes de uma tinta após a realização de um conjunto de ensaios de validação isto é, apesar dos ensaios que foram efetuados, a decisão tem que ser necessariamente corroborada pelos resultados dos ensaios de envelhecimento natural uma vez que este é o ensaio que permite mostrar o comportamento da tinta face aos agentes atmosféricos de forma natural.

Relativamente à membrana A é, até ao momento, a tinta com mais ensaios realizados e foi possível verificar que a tinta preparada com a resina A é a que apresenta características mais próximas da tinta padrão. Dos ensaios efetuados será ainda necessário analisar o ensaio de envelhecimento natural e as restantes horas de exposição dos ensaios de QUV-B e de resistência Xénon.

O mesmo acontece nas restantes tintas que foram sujeitas a esta substituição. De um modo geral, as tintas preparadas com a resina A apresentaram resultados comparáveis em relação à tinta padrão. No entanto, é necessário analisar os resultados dos ensaios de envelhecimento natural em todas as tintas de modo a verificar se realmente a substituição pode ou não ser realizada.

Ainda será necessário otimizar a formulação das tintas estudadas de modo a que se consiga controlar certas características como por exemplo as pequenas diferenças de cor verificadas e o aumento de viscosidade em estabilidade acelerada.





## Bibliografia

- [1] CIN, “Página oficial CIN.” [Online]. Available: [www.cin.pt](http://www.cin.pt). [Accessed: 22-Feb-2015].
- [2] C. World, “Top Companies Report,” 2014. [Online]. Available: <http://www.coatingsworld.com/heaps/view/965/1/>. [Accessed: 12-Oct-2015].
- [3] J. L. Nogueira, *Noções básicas de tintas e vernizes*, Volume 1. Coleção ARCP.
- [4] V. M. . Mello and P. A. Z. Suarez, “As Formulações de Tintas Expressivas Através da História,” *Revista Virtual de química*, vol. 4, 2012.
- [5] D. Stoye and W. Freitag, *Paints, Coatings and Solvents*, Second. 1998.
- [6] CIN – Corporação Industrial do Norte, “Manual de construção Civil e Decoração.” 2011.
- [7] NP 41, “Tintas e vernizes. Terminologia. Definições.” 1982.
- [8] J. J. Mattiello, *Protective and Decorative Coating, Volume II – Raw Materials: Pigments, metallic powders, and metallic soaps*. 1947.
- [9] J. V. Koleske, *Paint and Coating Testing Manual*, 14th ed. 1995.
- [10] D. LTDA., “Pigmentos Fluorescentes.” [Online]. Available: <http://dmapri.com/portfolio/pigmentos-fluorescentes/>. [Accessed: 12-Oct-2015].
- [11] IPQ - Instituto Português da Qualidade, “Norma Portuguesa NP EN ISO 4618 - Tintas e Vernizes Termos e definições.” 2006.
- [12] “Imagem carbonato de cálcio.” [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato\\_de\\_calcio](https://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato_de_calcio). [Accessed: 15-Mar-2015].
- [13] M. Schwartz and R. Baumstark, *Waterbased Acrylates for decorative Coatings*. 2001.
- [14] Paint & Coatings Industry, “Rheology For Coatings.” [Online]. Available: <http://www.pcimag.com/articles/85491-rheology-for-coatings>. [Accessed: 03-Nov-

2015].

- [15] A. P. de Tintas, “Tipos de tintas.” [Online]. Available: <http://www.aptintas.pt>. [Accessed: 15-Mar-2015].
- [16] INDACO, “Tips & tricks.” [Online]. Available: <http://indaco.id/tipstrick.php?order=id&sort=DESC&page=1&kat=#organisasi>. [Accessed: 20-Oct-2015].
- [17] Paint Quality Institute, “Identifying and Resolving Common Paint Problems.” [Online]. Available: <http://www.paintquality.com/en/tools/problem-solver>. [Accessed: 12-Nov-2015].
- [18] InspeCoat, “Empolamento.” [Online]. Available: <http://www.inspecoat.com/informacoes-e-fotos/defeitos-de-pintura/empolamento-bolhas>. [Accessed: 13-Oct-2015].
- [19] T. Timicor, “Problemas e soluções.” [Online]. Available: <http://timicor.com/pt/documentacao/fabrica/problemas-e-solucoes>. [Accessed: 13-Oct-2015].
- [20] InovaDomus, “Revestimentos exteriores.” .
- [21] Paint & Coatings Industry, “Self Crosslinking Polymeric Dispersants Used in Emulsion Polymerization.” [Online]. Available: <http://www.pcimag.com/articles/83559-self-crosslinking-polymeric-dispersants-used-in-emulsion-polymerization>. [Accessed: 12-Nov-2015].
- [22] Air Liquide, “Cura Ultravioleta ou por Feixe de electrões.” [Online]. Available: <http://www.airliquide.pt/pt/sectores-de-actividade/plasticos-e-borracha/aplicacoes-para-o-sector-dos-plasticos-e-borracha/cura-ultravioleta-ou-por-feixe-de-electroes.html#.Vkr5GbfhDIU>. [Accessed: 12-Nov-2015].
- [23] S. Medeiros, “TINTAS E VERNIZES UV: CONCEITOS E CONTROLE DE PROCESSO.” [Online]. Available: [http://www.graunagroup.com/q\\_apostila\\_curauv\\_conceitos\\_controle\\_processo.pdf](http://www.graunagroup.com/q_apostila_curauv_conceitos_controle_processo.pdf). [Accessed: 12-Nov-2015].
- [24] Cole-Parmer, “Brookfield Low-range viscometer.” [Online]. Available: [http://www.coleparmer.com/Product/Brookfield\\_Low\\_range\\_viscometer\\_115\\_VA/C/EW-98945-00](http://www.coleparmer.com/Product/Brookfield_Low_range_viscometer_115_VA/C/EW-98945-00). [Accessed: 20-Oct-2015].

- [25] Direct Industry, "Products." [Online]. Available: [http://www.directindustry.es/prod/byk-gardner/product-18571-1349463.html?utm\\_source=ProductDetail&utm\\_medium=Web&utm\\_content=SimilarProduct&utm\\_campaign=CA](http://www.directindustry.es/prod/byk-gardner/product-18571-1349463.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=SimilarProduct&utm_campaign=CA). [Accessed: 20-Oct-2015].
  
- [26] L. Dongguan Liyi Environmental Technology Co., "medidor de brilho." [Online]. Available: <http://portuguese.liyi-tech.com/sale-5324370-light-source-single-digital-gloss-meter-jjg696-standard-high-precision.html>. [Accessed: 20-Oct-2015].
  
- [27] Q-Lab, "Paints & Coatings." [Online]. Available: <http://www.q-lab.com/applications/paints-coatings/>. [Accessed: 20-Oct-2015].
  
- [28] Safe Environments, "Water absorption testing." [Online]. Available: <http://www.safeenvironments.com.au/water-absorption-testing/>.
  
- [29] Applus laboratories, "Coatings & Paints testing." [Online]. Available: [http://www.appluslaboratories.com/en/service/Coatings\\_&\\_Paints\\_testing-1328276447240](http://www.appluslaboratories.com/en/service/Coatings_&_Paints_testing-1328276447240). [Accessed: 20-Oct-2015].



## Apêndice

### A. Resultados dos ensaios para a membrana A.

Tabela A-1 - Ensaios para a membrana A em base P.

	Unidades	Padrão	Resina A Vs.05	Resina B Vs.09
Viscosidade Brookfield	Poise	357	343	316
Aspeto Físico	---	2	2	2
pH	---	7,6	8,1	7,8
Cor (creme dourado)	---	Padrão	$\Delta E$ 2,5	$\Delta E$ 2,2
Opacidade Húmida	---	Padrão	2	2
Opacidade Seca (cor branco)	%	96,2	96,4	95,1
Opacidade Seca (creme dourado)	%	99,9	99,9	100,0
Índice Amarelecimento	%	2,3	2,5	2.1
Índice Brancura	%	84,3	84,2	80,6
Massa Volúmica	g/ml	1,39	1,41	1,44
Brilho (60°/85°) (creme dourado)	Und.Brilho	3,6 / 4,0	3,5 / 3,9	3,4 / 3,8
Brilho (60°/85°) (creme dourado) (exposição exterior)	Und.Brilho	3,4 / 2,8	3,5 / 3,5	---
Compatibilidade e flutuação de cor de bases (preto, azul, óxido ferro vermelho, magenta, óxido ferro amarelo)	---	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1
Fissuração de Mudcracking	---	5	5	5
Temperatura Mínima de Formação de Película (TMFP)	°C	0	0	0
Resistência amónia	---	10	6 R	5 R
Resistência tinta à água líquida	---	10 S	10	7 R
Resistência de uma película de tinta às cinzas <b>Inicial</b>	---	$\Delta E$ 4,6	$\Delta E$ 4,2	$\Delta E$ 4,4
<b>Após lavagem</b>		$\Delta E$ 3,8	$\Delta E$ 3,1	$\Delta E$ 3,1
Avaliação da resistência à pegajosidade de uma película de tinta (Blocking) <b>1 Dia</b>	---	2 / 1	2 / 2	1 / 2
<b>7 Dias</b> (Contacto - Tinta/ Carta - Tinta/ Tinta)	---	2 / 4	2 / 3	3 / 4

Legenda:

Aspeto físico: 1 – mau; 2 – bom.

Compatibilidade e flutuação de cor de bases: 2 – compatível; 1 – incompatível.

Blocking: 1 – não cola; 2 – cola ligeiramente; 3 – cola moderadamente; 4 – alguma remoção de tinta; 5 – destacamento da tinta.

Tabela A-2 - Ensaio para a membrana A em base TR.

	Unidades	Padrão	Resina A Vs.05	Resina B Vs.09
Viscosidade Brookfield	Poise	352	343	316
Aspetto Físico	---	Padrão	2	2
pH	---	7,8	8,3	7,9
Cor (verde escuro)	---	Padrão	$\Delta E$ 0,4	$\Delta E$ 0,9
Opacidade Húmida	%	Padrão	2	2
Opacidade Seca (verde escuro)	%	100,0	99,9	100,0
Massa Volúmica	g/ml	1,29	1,30	1,30
Brilho (60°/85°) (verde escuro)	Und.Brilho	3,5 / 4,7	3,6 / 4,7	3,8 / 5,1
Brilho (60°/85°) (verde escuro) (exposição exterior)	Und.Brilho	3,4 / 4,0	3,3 / 4,0	---
Compatibilidade e flutuação de cor de bases (preto, azul, óxido ferro vermelho, magenta, óxido ferro amarelo)	---	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1
Fissuração de Mudcracking	---	5	5	5
Temperatura Mínima de Formação de Película (TMFP)	°C	0	0	0
Resistência amónia	---	10 S	6 R	9 R
Resistência tinta à água líquida	---	10 S	10 S	10 S
Resistência de uma película de tinta às cinzas Inicial	---	$\Delta E$ 3,8	$\Delta E$ 3,1	$\Delta E$ 3,4
Após lavagem	---	$\Delta E$ 2,1	$\Delta E$ 2,3	$\Delta E$ 2,4
Avaliação da resistência à pegajosidade de uma película de tinta (Blocking) <b>1 Dia</b>	---	1 / 2	1 / 2	1 / 2
<b>7 Dias</b> (Contacto - Tinta/ Carta - Tinta/ Tinta)	---	3 / 4	3 / 4	3 / 4

Legenda:

Aspetto físico: 1 – mau; 2 – bom.

Compatibilidade e flutuação de cor de bases: 2 – compatível; 1 – incompatível.

Blocking: 1 – não cola; 2 – cola ligeiramente; 3 – cola moderadamente; 4 – alguma remoção de tinta; 5 – destacamento da tinta.

## B. Resultados dos ensaios para a membrana B.

Tabela B-1 - Ensaios para a membrana B em base P.

	Unidades	Padrão	Resina A Vs.02	Resina B Vs.07
Viscosidade Brookfield	Poise	347	315	297
Aspeto Físico	---	Padrão	2	2
pH	---	7,5	8,4	8,1
Cor (creme dourado)	---	Padrão	$\Delta E$ 1,2	$\Delta E$ 1,8
Opacidade Húmida	---	Padrão	2	2
Opacidade Seca (cor branco)	%	95,6	94,1	95,0
Opacidade Seca (creme dourado)	%	99,9	99,9	99,9
Índice Amarelecimento	%	3,6	3,4	3,1
Índice Brancura	%	80,92	81,5	82,7
Massa Volúmica	g/ml	1,23	1,19	1,21
Brilho (60°/85°) (creme dourado)	Und.Brilho	13,8 / 29,5	20,5 / 39,3	15,2 / 33,9
Compatibilidade e flutuação de cor de bases (preto, azul, óxido ferro vermelho, magenta, óxido ferro amarelo)	---	2 / 2 / 1 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 1 / 2 / 1
Fissuração de Mudcraking	---	5	5	5
Temperatura Mínima de Formação de Película (TMFP)	°C	0	0	0
Resistência amónia	---	10	9 R	9 R
Resistência tinta à água líquida	---	10	10	9 R
Resistência de uma película de tinta às cinzas <b>Inicial</b>	---	$\Delta E$ 3,9	$\Delta E$ 5,1	$\Delta E$ 6,3
<b>Após lavagem</b>	---	$\Delta E$ 0,6	$\Delta E$ 0,6	$\Delta E$ 2,2

Legenda:

Aspeto físico: 1 – mau; 2 – bom.

Compatibilidade e flutuação de cor de bases: 2 – compatível; 1 – incompatível.



Tabela B-2 - Ensaio para a membrana B em base TR.

	Unidades	Padrão	Resina A vs.04	Resina B vs.08
Viscosidade Brookfield	Poise	315	293	289
Aspetto Físico	---	Padrão	2	2
pH	---	8,6	8,6	8,3
Cor (verde escuro)	---	Padrão	$\Delta E$ 2,2	$\Delta E$ 1,7
Opacidade Húmida	%	Padrão	2	2
Opacidade Seca (verde escuro)	%	96,3	97,5	96,5
Massa Volúmica	g/ml	1,2	1,2	1,2
Brilho (60°/85°) (verde escuro)	Und.Brilho	7,6 / 9,2	6,9 / 8,5	7,3 / 10,1
Compatibilidade e flutuação de cor de bases (preto, azul, óxido ferro vermelho, magenta, óxido ferro amarelo)	---	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1
Fissuração de Mudcracking	---	5	5	5
Temperatura Mínima de Formação de Película (TMFP)	°C	0	0	0
Resistência amónia	---	10 S	9 R	9 R
Resistência tinta à água líquida	---	10 S	10 S	10 S
Resistência de uma película de tinta às cinzas <b>Inicial</b>	---	$\Delta E$ 3,5	$\Delta E$ 4,1	$\Delta E$ 6,0
<b>Após lavagem</b>	---	$\Delta E$ 0,5	$\Delta E$ 0,8	$\Delta E$ 0,7

Legenda:

Aspetto físico: 1 – mau; 2 – bom.

Compatibilidade e flutuação de cor de bases: 2 – compatível; 1 – incompatível.

### C. Resultados dos ensaios para a membrana texturada F.

Tabela C-1 - Ensaios para a membrana texturada em base P.

	Unidades	Padrão	Resina A Vs.02	Resina B Vs.04
Viscosidade Brookfield	Poise	186	196	178
Aspeto Físico	---	Padrão	2	2
pH	---	8,2	8,4	8,1
Cor (creme dourado)	---	Padrão	$\Delta E$ 1,2	$\Delta E$ 1,8
Opacidade Húmida	---	Padrão	2	2
Opacidade Seca (cor branco)	%	94,1	94,9	94,9
Massa Volúmica	g/ml	1,54	1,19	1,21
Compatibilidade e flutuação de cor de bases (preto, azul, óxido ferro vermelho, magenta, óxido ferro amarelo)	---	2 / 2 / 1 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 1 / 2 / 1
Fissuração de Mudcracking	---	5	5	5
Temperatura Mínima de Formação de Película (TMFP)	°C	0	0	0

Legenda:

Aspeto físico: 1 – mau; 2 – bom.

Compatibilidade e flutuação de cor de bases: 2 – compatível; 1 – incompatível.

Tabela C-2 - Ensaios para a membrana texturada F em base TR.

	Unidades	Padrão	Resina A Vs.02	Resina B Vs.03
Viscosidade Brookfield	Poise	151	155	160
Aspeto Físico	---	Padrão	2	2
pH	---	8,2	8,5	8,3
Cor (verde escuro)	---	Padrão	$\Delta E$ 1,9	$\Delta E$ 1,7
Opacidade Húmida	%	Padrão	2	2
Opacidade Seca (verde escuro)	%	98,8	99,0	98,9
Massa Volúmica	g/ml	1,52	1,21	1,18

Legenda:

Aspeto físico: 1 – mau; 2 – bom.

## D. Resultados dos ensaios para a membrana H.

Tabela D-1 - Ensaios para a membrana H em base P.

	Unidades	Padrão	Resina A Vs.04	Resina B Vs.07
Viscosidade Brookfield	Poise	340	310	328
Aspeto Físico	---	Padrão	2	2
pH	---	8,1	8,0	7,5
Cor (creme dourado)	---	Padrão	$\Delta E$ 0,2	$\Delta E$ 0,4
Cor (cinzento)	---	Padrão	$\Delta E$ 0,6	$\Delta E$ 0,8
Opacidade Húmida	---	Padrão	2	2
Opacidade Seca (cor branco)	%	92,1	92,8	91,2
Opacidade Seca (creme dourado)	%	99,9	99,9	100,0
Índice Amarelecimento	%	3,0	3,6	3,6
Índice Brancura	%	80,6	79,0	78,7
Massa Volúmica	g/ml	1,31	1,30	1,32
Brilho (60°/85°) (creme dourado)	Und.Brilho	4,5 / 3,9	5,0 / 4,2	34,6 / 4,9
Brilho (60°/85°) (creme dourado) (exposição exterior)	Und.Brilho	4,2 / 3,7	4,6 / 3,9	4,2 / 4,7
Brilho (60°/85°) (cinzento)	Und.Brilho	4,4 / 4,8	4,2 / 4,7	4,2 / 5,4
Brilho (60°/85°) (cinzento) (exposição exterior)	Und.Brilho	4,1 / 4,4	3,6 / 3,9	3,2 / 4,2
Compatibilidade e flutuação de cor de bases (preto, azul, óxido ferro vermelho, magenta, óxido ferro amarelo)	---	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 1 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1
Fissuração de Mudcracking	---	5	5	5
Temperatura Mínima de Formação de Película (TMFP)	°C	0	0	0
Resistência amónia	---	9 R	9 R	9 R
Resistência tinta à água líquida	---	10	10	10 S
Resistência de uma película de tinta às cinzas <b>Inicial</b>	---	$\Delta E$ 6,2	$\Delta E$ 6,5	$\Delta E$ 6,8
Após lavagem	---	$\Delta E$ 2,4	$\Delta E$ 2,9	$\Delta E$ 1,3

Legenda:

Aspeto físico: 1 – mau; 2 – bom.

Compatibilidade e flutuação de cor de bases: 2 – compatível; 1 – incompatível.

Tabela D-2 - Ensaios para a membrana H em base TR.

	Unidades	Padrão	Resina A Vs.04	Resina B Vs.06
Viscosidade Brookfield	Poise	335	328	326
Aspeto Físico	---	Padrão	2	2
pH	---	8,1	7,9	7,7
Cor (verde prado)	---	Padrão	$\Delta E$ 1,1	$\Delta E$ 0,5
Opacidade Húmida	---	Padrão	2	2
Opacidade Seca (verde prado)	%	99,7	99,8	99,9
Massa Volúmica	g/ml	1,24	1,28	1,29
Brilho (60°/85°) (verde prado)	Und.Brilho	4,1 / 5,0	3,9 / 4,4	4,0 / 5,3
Brilho (60°/85°) (verde prado) (exposição exterior)	Und.Brilho	4,2 / 5,3	3,5 / 3,9	3,2 / 4,4
Compatibilidade e flutuação de cor de bases (preto, azul, óxido ferro vermelho, magenta, óxido ferro amarelo)	---	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1	2 / 2 / 2 / 2 / 1
Fissuração de Mudcracking	---	5	5	5
Temperatura Mínima de Formação de Película (TMFP)	°C	0	0	0
Resistência amónia	---	9 R	8 R	9 R
Resistência tinta à água líquida	---	10 S	10 S	9 R
Resistência de uma película de tinta às cinzas <b>Inicial</b>	---	$\Delta E$ 2,2	$\Delta E$ 2,6	$\Delta E$ 3,3
Após lavagem	---	$\Delta E$ 1,5	$\Delta E$ 2,0	$\Delta E$ 0,9

Legenda:

Aspeto físico: 1 – mau; 2 – bom.

Compatibilidade e flutuação de cor de bases: 2 – compatível; 1 – incompatível.